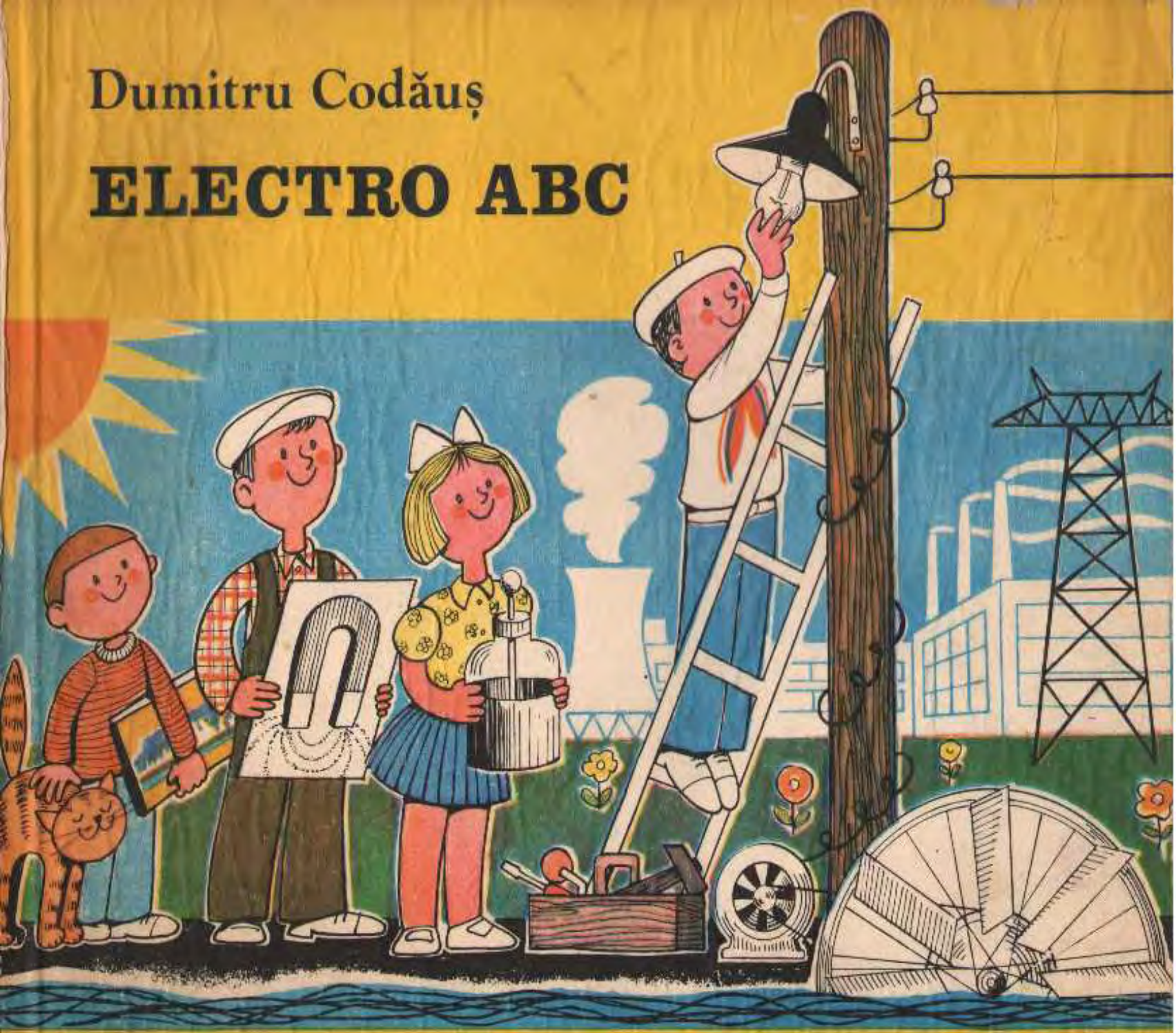
Dumitru Codăuș

ELECTRO ABC



EDITURA ION CREANGA

DUMITRU CODĂUŞ • ELECTRO ABC

Dumitru Codăuș

ELECTRO ABC

Editura Ion Creangă, București, 1983

Coperta de: BURSCHI GRUDER

CUVÎNT ÎNAINTE

Dragi elevi . . . !

Sînteţi la vîrsta descoperirilor, cînd totul vă interesează: doriţi să cunoaşteţi cît mai multe lucruri. Şi sper că vă aminţiti cu plăcere de jucăriile voastre preferate, mai ales de cele pe care voi singuri le-aţi construit, din tot ce vă era la îndemînă. Vă plăceau mult, pentru că în acele mici născociri se afla ceva din pasiunea voastră.

Acest entuziasm se vede că v-a rămas pînă acum, din moment ce vă interesează cartea de faţă, deoarece nimic nu întrece bucuria de a descoperi un fenomen, de a crea ceva nou, de a-ţi dezvolta ingeniozitatea prin experienţă, după ce la şcoală au fost învăţate legile fenomenelor naturii.

Acum, că aţi devenit mai mari, trebuie să extindeţi în continuare inventivitatea şi îndemînarea voastră, fapt pentru care noi vă sugerăm, în paginile ce urmează, o sumă de idei şi planuri de construcţie amuzante, din domeniul electricităţii.

Prin experimentarea lor, fiecare devine proiectant, constructor, operator, reparator şi chiar . . . inovator. Iată deci, un nou prilej de a observa şi verifica experimental legile teoretice ale electricităţii, fără a folosi metodica şi stilul lucrărilor din laboratorul şcolar.

Această carte avînd un caracter practic, modelele reduse care vă sînt recomandate spre realizare se dau în ordinea crescîndă a gradului de dificultate, din toate domeniile de aplicaţie ale electricităţii: de la electricitate statică, la electromagnetism, la iluminatul electric, electrotermic, acţionări electrice, alimentarea cu energie electrică, tracţiunea electrică, electrocomunicaţii, radioelectronica, automatica etc.

După cum vedeţi, prefixul „electro", este prezent în mai toate domeniile de activitate umană. Citind cu atenţie mai departe scurta istorie a electricităţii, nu se poate să nu vă impresioneze drumul lung parcurs de numeroşii oameni de ştiinţă. Ei au muncit cu dăruire de sine pînă să avem la îndemînă, azi, o formă de energie superioară celorlalte forme, datorită calităţilor deosebite ale energiei electrice, în ce priveşte producerea, transportul şi utilizarea.

Dorim ca lucrarea de faţă, dedicată tinerilor care iubesc ştiinţa, să le fie prieten şi ajutor în munca lor de cercetare, să le deschidă noi drumuri către minunata „lume a electricităţii".

ing. prof. DUMITRU CODĂUŞ

1. ELECTRICITATEA ESTE UNA

Primele experienţe şi cunoştinţe despre electricitate ar începe, după unii autori, cu peste două milenii în urmă, cînd Thales din Milet, frecînd chihlimbar de poala hainei sale de lînă, a observat că acest chihlimbar (greceşte denumit „electron") atrăgea corpuri uşoare: paie, fulgi, bucăţi de papirus.

Istoria descoperirii şi folosirii energiei electrice nu insistă asupra timpurilor legendare, ci prezintă fenomenele electrice — începînd cu apariţia ultimei teorii la modă a electronilor, adică a electrotehnicii practice, privind ca printr-un binoclu întors, spre trecutul cu modestele lui realizări anterioare. Involuntar noi începem să credem că electrotehnica de azi e produsul ultimilor cincizeci de ani.

În ambele feluri de a scrie istoria electricităţii există pericolul de a cădea în vreuna din aceste extremităţi. Scurta expunere ce urmează ne invită să urmărim cum a devenit electricitatea, de-a lungul secolelor, principala masă de energie de azi cu multiple posibilităţi de utilizare, în acest secol al electricităţii şi atomului.

Privind o schemă a transformărilor din natură, se observă că orice formă de energie (solară, geotermică, nucleară, eoliană, hidraulică, heliotermică, biochimică, chimică şi mecanică), se poate converti în energie electrică, din care se obţine apoi lumină, căldură, forţă, indispensabile dezvoltării economice şi civilizaţiei moderne.

Această primă însuşire, ca toate formele de energie cunoscute să se transforme cu uşurinţă în electricitate, îşi capătă adevărata ei valoare în legătură cu alte proprietăţi importante ale energiei electrice, ca transportul şi utilizarea ei.

Ar trebui să facem o listă foarte lungă cu toate împrejurările în care se întrebuinţează electricitatea: la iluminat, în fabrică, la motoarele care acţionează maşinile-unelte, la tracţiune, în agricultură, la aparatele casnice etc. Aceste aplicaţii ale electricităţii vor fi expuse mai departe.

Mult timp omul s-a folosit numai de forţa lui fizică. Dar cît de puţin putea să realizeze cu ea! Dacă ne-am imagina că toate uzinele electrice de astăzi din ţara noastră ar fi mişcate prin această forţă fizică a oamenilor, ar trebui cel puţin 2/3 din populaţie pentru a înlocui motoarele existente, care consumă curent electric.

Ca să-şi uşureze munca, oamenii au început să folosească energia naturală a vîntului şi apelor la mişcarea corăbiilor şi a morilor, primele maşini inventate în lume.

Acesta a fost punctul de pornire spre înlocuirea forţei fizice cu munca maşinilor, inclusiv a maşinilor electrice.

TRĂSNETUL, MAGNETUL ŞI PISOIUL

Cele mai vechi cunoştinţe despre fenomenele electrice pe care ni le-a transmis istoria privesc trăsnetele şi fulgerele. Lumina orbitoare şi bubuitul înspăimîntător ce umpleau cerul şi pămîntul noaptea, ca un spectacol înfricoşător, impresionau pe oamenii care trăiau acum cîteva mii de ani. Aceste forţe miraculoase ale naturii erau divinizate sau considerate atribute ale divinităţilor mitologice ca Zeus, Thor, Indra, Adad, de către diferitele popoare din vechime.

Filozofii şi învăţaţii Greciei antice — în perioada începuturilor ştiinţei — au descris primii unele fenomene naturale (între care trăsnetul şi fulgerul), pe care se străduiau să le explice prin cauze reale.

Astfel, învăţatul grec Thales din Milet, negustor şi călător care a trăit în secolul VII î.e.n., socotit unul din cei şapte mari înţelepţi ai lumii antice, ca şi Teofrast (sec. IV î.e.n.) sau învăţatul roman Pliniu (sec. I e.n.) au observat că chihlimbarul după ce este frecat cu o bucată de stofă, capătă proprietatea de a atrage mici corpuri uşoare, cum ar fi bucăţele de hîrtie sau măduvă de soc. Acest fenomen electric a dat mult de gîndit cercetătorilor, dar au trebuit să treacă mai bine de două milenii pînă s-a găsit explicaţia lui ştiinţifică.

Desigur, ideile naive, mai mult intuitive, ale vechilor gînditori, că fulgerul şi trăsnetul ar fi „aer care a luat foc şi arde", „un nor care arde" sau „raze de foc ale soarelui", nu au satisfăcut pînă ce Democrit (aproximativ 460 —370 î.e.n.) şi Epicur (341—270 î.e.n.), au elaborat teoria atomistă, o culme a gîndirii omeneşti. Democrit spunea că fulgerul şi trăsnetul provin din „combinarea atomilor de foc".

Tot în antichitate au mai fost observate şi alte fenomene electrice: s-a văzut că lignitul şi chihlimbarul încălzit pot atrage diferite corpuri uşoare. Apoi proprietăţile unor peşti electrici ca torpila şi cocoşul de mare, de a „curenta" au fost descrise de Aristotel şi Scribonius.

Cu toate aceste fapte de observaţie, învăţaţii din vechime nu au sesizat că fenomenele descrise erau toate de aceeaşi natură, după cum nu au făcut nici o legătură între electricitate şi magnetism.

Egiptenii vechi cunoşteau magneţii naturali pe care îi numeau „oasele lui Horus", zeul cerului, observînd probabil că „proveneau din cer", adică erau meteoriţi din minereu de fier. Chinezii numeau magnetul „piatra care iubeşte". O legendă transmisă de Pliniu spune că odinioară, un cioban numit Magnes, pe cînd păştea oile pe muntele Ida din Asia Mică, a observat că vîrful de fier al toiagului său era atras de o piatră pe care a numit-o *magnet*.

După versiunea poetului şi filosofului roman Lucreţiu, originea cuvîntului *magnet* vine de la oraşul Magnesia din Asia Mică. La oracolele din insula Samotrace, preoţii păgîni consultau „voinţa zeilor" cu ajutorul unor inele de fier atrase de un magnet.

Piatra magnetică a format un obiect de studiu pentru filozofii antichităţii. Astfel, Empedocle spunea despre „piatra lui Hercule" că atrage fierul datorită efluviilor care îndepărtează aerul din porii fierului şi-l pun în mişcare pe acela care-i astupă.

Filozoful atomist antic Lucreţiu (aprox. 99—55 î.e.n.) nu acceptă teoria mecanică şi explică acţiunea magnetului asupra fierului printr-o emisie de atomi care, respingînd aerul înconjurător, formează un vid şi atrage fierul. Faţă de alte corpuri, Lucreţiu motivează comportarea magnetului prin poziţia diferită a atomilor. Alte scrieri din antichitate pomenesc despre „simpatiile" şi „antipatiile" dintre lucruri, iar Pliniu teoretizează că magnetul are o privire care fascinează fierul şi-l atrage: de aceea, probabil, era numit şi „piatra care iubeşte".

De remarcat este existenţa unor dovezi scrise că în China se cunoşteau proprietăţile de orientare a magneţilor încă din secolul al treilea î.e.n., pe principiul acesta fiind construite primele busole.

În Europa, busola a venit din China, la începutul erei noastre, prin intermediul negustorilor ruşi şi mongoli, care se întîlneau cu negustorii din apus. Prin secolul al XII e.n., busola era deja răspîndită printre marinari.

În lucrarea „De magnete" apărută la 1269, autorul ei, învăţatul filozof Pierre de Maricourt (supranumit Pelerin) a descris atît tipul de busolă plutitoare aşezat pe o bucată de lemn, plutind într-un vas cu apă, cît şi busola formată dintr-un ac magnetic fixat pe o vergea de aramă, astfel ca să se poată orienta NS.

Tot Pelerin a descris cum se pot determina practic polul nord şi polul sud al unui magnet şi anume după legea „că polul nord al unei pietre magnetice atrage polul sud al alteia sau polul său sud, polul nord.

Făcînd multe experienţe cu magneţii, Pelerin a inventat alidada, o riglă metalică gradată cu două cuie verticale la capete, cu care se poate măsura unghiul rezultat dintre linia vizuală cu direcţia acului magnetic. Alidada era folosită la măsurarea unghiurilor şi chiar la ridicări topografice.

Timp de peste un mileniu enciclopediile scolastice cuprindeau idei vagi despre magnetism, atribuindu-i proprietăţi medicale miraculoase ca vindecarea timidităţii, bîlbîielii, urîţeniei, reumatismului etc. Astfel se explică faptul că busola a apărut aşa de tîrziu ca instrument practic, deşi fusese de mult descoperită.

Antichitatea ne-a transmis unele cunoştinţe despre fenomenele cauzate de electricitatea atmosferică, de electricitatea animală, precum şi de magneţi, dar nu a ajuns nimeni să descopere şi nici măcar să bănuiască legătura dintre aceste fenomene. Lipsesc, cu alte cuvinte, aplicaţiile practice, fapt explicabil prin natura forţelor de producţie de atunci, bazate pe folosirea focului, a energiei musculare a sclavilor şi animalelor, a energiei vîntului şi apelor. Pelerin de Maricourt însă, datorită spiritului său ştiinţific şi practic, descrie şi utilizează fenomenele magnetice magistral.

Ştiinţa antichităţii a făcut progrese uimitoare în astronomie, matematică, mecanică, biologie, chimie, bazate mai mult pe teorie şi calcul decît pe experiment.

La confluenţa dintre secolele XVI—XVII, progresul cunoaşterii naturii înregistrează un salt decisiv: diferenţierea ştiinţelor. Cu lucrările medicului William Gilbert (1540—1603) începe o epocă nouă în domeniul electricităţii şi magnetismului. Susţinător convins al ştiinţei experimentale, era şi un neobosit cercetător. În tratatul său *„Despre magnet şi corpurile magnetice şi marele magnet, Pămîntul"* Gilbert expune rezultatele experienţelor sale din domeniul magnetismului şi al electricităţii.

Reluînd experienţele lui Thales, după sute de ani, Gilbert a ajuns la concluzia că sînt multe alte corpuri care posedă proprietatea de a atrage corpuri uşoare, atribuită mult timp numai chihlimbarului. O vergea de sticlă, ceară roşie, sulf sau ebonită frecată cu o bucată de mătase, ori cu un petec de lînă sau de blană de pisică obţine însuşirea de a atrage corpuri uşoare; la fel pieptenele trecut prin păr se electrizează şi atrage firele de păr. Şi metalele pot fi electrizate prin frecare, dacă li se pune un mîner izolant de parafină, ceară roşie sau material plastic.

Gilbert a dat acestui „fenomen electric" denumirea „electron", cum i se spune în limba greacă chihlimbarului. Cu acest prilej s-a stabilit că există corpuri bune conducătoare de electricitate, cum sînt metalele, şi corpuri izolante cum sînt sticla, ebonita etc. De aici toate fenomenele de atracţie descrise mai sus au fost numite „electrice", cuvînt folosit de noi atît de des. Prin 1733 s-a descoperit şi faptul că nu toate corpurile se electrizează la fel prin frecare, sticla, de pildă, se electrizează într-un fel — electricitate sticloasă — iar răşina cu electricitate răşinoasă, cele două feluri fiind numite mai tîrziu *pozitivă* şi respectiv, *negativă*.

Gilbert mai scrie în cartea sa „De magnete", că atracţia dintre corpuri nu se face prin „simpatie" ci datorită unei forţe fizice şi anume forţa magnetică, considerînd că şi planetele îşi au magnetismul lor, probînd aceasta cu orientarea şi declinaţia magnetică pe marele magnet — Pămîntul. Comparînd fenomenele electrice cu cele magnetice, Gilbert a sesizat că atracţiile magnetice şi electrice scad cu distanţa. Cercetările în domeniul electricităţii le-a făcut cu ajutorul unui aparat inventat de el, numit „versorium", sau busola electrică. Este primul aparat de măsură, denumit electroscop. Dar opera lui Gilbert depăşeşte preocupările de faţă şi menţionăm doar că ea a influenţat mult dezvoltarea fizicii şi a gîndirii ştiinţifice începînd cu secolul al XVII-lea.

Întrucît cartea noastră nu este dedicată multiplelor fenomene electrice, spre a le descrie pe toate cronologic, ci electrotehnicii practice, apărută pe la 1850, trecem de la fulgere, magneţi şi busole la scînteia electrică şi natura electricităţii.

Pieptănînd un păr des şi uscat cu un pieptene de material plastic, se observă, uneori, mici scîntei, foarte slabe în întuneric complet. Cu o astfel de scînteie nu se poate aprinde nici cel mai inflamabil material. Cel mult se produc nişte pîrîituri uşoare, care abia se aud, apropiind pieptenul de foiţele de staniol ale unui electroscop.

De asemenea, mîngîind un pisoi, se aud şi se văd pe întuneric scîntei electrice. Astfel de scîntei se ridică la o tensiune electrică de cîteva zeci de mii de volţi, dar au un curent doar de milionimi de amper.

Cu astfel de tensiuni şi intensităţi lucrează telescoapele electronice.

Este o mare deosebire între scînteia mică oferită de „pisoiul electric" şi scînteia observată în timpul cînd fulgera, lungă de sute de metri, zgomotoasă şi orbitoare, dărîmînd copaci şi topind metale.

Dacă se scufundă într-un pahar cu apă acidulată două plăci din metale diferite, de exemplu din zinc şi cupru, la contactul firelor trase de la plăci se observă tot mici scîntei electrice. Atingînd aceste două fire de limbă, par acre la gust, şi lipite de pleoape dau senzaţia luminii sclipitoare.

Labele unei broaşte, contractîndu-se, produc un curent avînd I=0,001 A; V=0,001 V şi P=0,000001 W.

Peştele electric este capabil să dezvolte o tensiune de cîteva sute de volţi la un curent I=100 mA în timp ce un bec electric poate consuma zeci şi sute de waţi.

Numai după ce oamenii au învăţat să măsoare electricitatea, au constatat că toate aceste fenomene diferite, enigmatice, sînt de aceeaşi natură, avînd o mişcare comună, a părticelelor încărcate cu electricitate. Cu toate că în urmă cu două secole savanţii care studiau fenomenele electrice strînseseră o serie de fapte disparate, care păreau a nu avea nici o legătură între ele, odată cu intervenţia măsurătorilor s-a ajuns la concluzia că diferenţa între electricitatea de chihlimbar, animală, galvanică sau electricitatea fulgerelor se datora numai cantităţii şi vitezei cu care se mişcă particulele încărcate cu electricitate.

Cunoscînd aceste lucruri, oamenii de ştiinţă au început să construiască o serie de maşini simple pentru producerea electricităţii prin frecare. Astfel, prin anul 1663, Otto de Guericke, un neobosit fizician experimentator, a construit o maşină formată dintr-o sferă de sulf străbătută de o vergea cu care învîrtea sfera. Ţinînd mîna pe glob şi învîrtindu-l în acelaşi timp, acesta se încărca prin frecare cu electricitate.

Mai tîrziu globul de sulf a fost înlocuit cu altul de sticlă. Apoi, alte modele de maşini, numite electrostatice, mai perfecţionate, aveau discuri de sticlă. Cu asemenea maşini se făceau diferite experienţe, nu numai de către oamenii de ştiinţă dar şi de către amatori, experienţe pe care le fac şi elevii astăzi în şcoli.

În 1716 Newton, făcînd observaţii asupra descărcărilor electrice din electricitatea statică şi electricitatea atmosferică, a scris: „Scînteia mi-a apărut ca un mic, un foarte mic trăsnet". Ipoteza aceasta a mai fost emisă şi de alţi cercetători de mai înainte. După anul 1750 s-au desfăşurat cercetări susţinute în acest sens, de către Richman şi Lomonosov în Rusia sau Procopie Divisch, un amator din Cehoslovacia, care construieşte, la acea epocă, primul paratrăznet.

La 26 iulie 1753, pe o furtună care s-a dezlănţuit asupra oraşului Petersburg, Richman a ridicat o vergea de metal pentru captarea trăsnetelor, dar a fost omorît de „o minge de foc albăstruie, cît pumnul de mare" spun informaţiile rămase de atunci.

Experienţe cu paratrăsnete şi cercetări asupra electricităţii atmosferice s-au făcut în multe ţări din Apusul Europei, iar în America, Franklin a enunţat pentru prima oară ideea conservării electricităţii şi a circulaţiei curentului electric prin conductoare metalice. Tot el a instalat în anul 1760 primul paratrăsnet pe o casă înaltă din Filadelfia: o tijă metalică cu vîrf ascuţit, pusă în legătură cu pămîntul printr-o sîrmă. De fapt „umbrelele cu paratrăsnet" erau la modă la Paris prin 1786.

În istoria electricităţii, marele savant, filozof şi om politic, Benjamin Franklin care spunea: „Focul electric poate fi făcut astfel să circule, să se acumuleze pe un corp oarecare şi să-i fie sustras" ne-a lăsat din propriul său vocabular termeni complet noi şi valabili pînă în ziua de azi, ca: „electrizat", „pozitiv", „negativ", „plus", „minus".

Tot ce s-a spus pînă aici face parte din fenomenele electricităţii statice. Faţă de stadiul în care se găseau celelalte ştiinţe, cu deosebire

mecanica, studiul electricității rămînea în urmă cu 150 de ani. Galilei afirmase lapidar: „Natura este scrisă în limbaj matematic". Cu alte cuvinte trebuiau îmbinate știința experimentală, cu studiul și demonstrația matematică. Și așa s-a întîmplat după 1770 cînd apare Charles Coulomb, care se dedică din fragedă copilărie științelor matematice și fizice. El nu se simțea satisfăcut, decît de măsurători precise și de teorii matematice închegate. Din 1770 se ocupă de magnetism, iar din 1774 și de electricitate. Construiește o balanță de torsiune electrică pentru determinarea legilor de interacțiune a „maselor electrice" și elaborează cunoscuta „Lege a lui Coulomb", privind forțele ce se exercită între două corpuri încărcate cu sarcini electrice P1 și P2.

Cantitatea de electricitate Q care trece prin secțiunea transversală a unui conductor metalic într-o secundă, a fost denumită impropriu „intensitate", acesta fiind un termen nereușit în teoria electricității, rămas din vremea cînd încă nu se știa prea bine ce este curentul electric.

Ca unitate de sarcină electrică s-a adoptat sarcina pe care o au 6 250 000 000 000 000 electroni. Această sarcină se numește coulomb. Ca unitate de intensitate s-a adoptat curentul care face ca într-o secundă să treacă prin secțiunea unui conductor o sarcină egală cu 1 coulomb. Sarcina unui electron fiind prea mică pentru a servi la măsurarea curenților utilizați în tehnică, s-a stabilit:

Cantitatea de electricitate = Intensitatea curentului $\times$ timpul ($Q = I \times t$).

În cazul cînd un curent cu intensitatea de un amper (A) trece printr-un conductor timp de o secundă, cantitatea de electricitate (Q) va fi de un coulumb (C).

Se știe că pentru caracterizarea curentului electric nu este suficientă o singură mărime, ci două: intensitatea curentului precum și tensiunea cu ajutorul căreia măsurăm cîmpul electric care produce curentul electric.

Dar intensitatea curentului într-un conductor nu depinde numai de tensiunea cîmpului electric ci și de formele, dimensiunile și materialul din care este făcut, cu alte cuvinte de rezistența lui R. De pildă, cuprul are o rezistență electrică mai mică decît fierul.

În 1826, George Ohm, stabilește pe baza celor trei mărimi I, E, R o legătură foarte importantă, adică dependența intensității de E și R. ($I_A = E_V / Rr$). Mai tîrziu, Kirchoff stabilește alte legi de seamă privitoare la curenții electrici care curg prin mai multe ramificații.

EPOCA GALVANISMULUI

Pînă la sfîrșitul secolului al XVIII-lea nu erau cunoscute decît electricitatea prin frecare, prin influență și cea atmosferică, considerate sarcini electrice fie în cantități mici, fie de scurtă durată. Se căuta însă un mijloc de a obține curent electric de lungă durată, fapt ce s-a și petrecut prin intermediul unor domenii de cercetare diferite de electricitate: zoologia și biologia.

Încă de la începutul secolului al XVIII-lea se descoperise că anumiți pești (torpila, silurus electricus, gymnotus electricus), dacă erau atinși produceau comoții electrice destul de zdravene, efect cunoscut încă din antichitate. Explicația a dat-o Adamson în 1751, asemă-

nînd comoţiile provocate de astfel de peşti cu descărcarea unei butelii de Leyda, care se ştie că este un condensator pentru electricitatea statică. Şi încă ceva: în 1773 se constată că se resimt comoţii de 200 — 300 V doar atunci cînd se ating concomitent atît faţa cît şi spatele peştelui torpila. Era vorba de bioelectricitate. Disecînd acest peşte, s-a descoperit că organul electric este situat în spatele corpului şi constituit din peste 1 100 de elemente. Şi totuşi nu s-a putut dovedi natura unică a electricităţii animale cu cea electrostatică, comoţiile provocate fiind socotite doar un fel special de acţiuni mecanice ale muşchilor.

Era prin anul 1780, cînd Luigi Galvani, profesor de anatomie la Bologna, făcea vivisecţia unei broaşte şi un elev care experimenta în apropiere cu o maşină electrostatică a observat contracţiile picioarelor broaştei, ori de cîte ori se produceau scîntei şi bisturiul era în contact cu nervii broaştei.

Pentru a examina fenomenul, Galvani a agăţat de un cîrlig de cupru o pereche de picioare de broască, pe un gard cu zăbrele metalice. Şi aici a observat că muşchii picioarelor de broască se contractau cînd se atingeau de tijele metalice ale gardului, mai ales pe timp de furtună sau chiar şi cînd era nor.

Au urmat alte noi experienţe ale lui Galvani, care a emis ipoteza greşită că un fel de circuit nervos asemănător cu cel din circuitul buteliei de Leyda s-ar închide prin nervi, la muşchii broaştei. Fenomenul este întîlnit şi la alte animale, cu alte cuvinte, electricitatea provine din nervii şi muşchiul broaştei, consideraţi ca un condensator.

Cîţiva ani mai tîrziu, Alessadro Volta, profesor de fizică la Padua, reluînd experienţele lui Galvani, arată clar că electricitatea provine din contactul a două metale în prezenţa unui lichid şi aplică acest efect la construirea primei pile electrice.

În 1792, Volta a emis ipoteza valabilă pînă azi că broasca preparată pentru experienţă nu este un condensator, ci un electroscop foarte sensibil, iar cele două metale, cuprul şi fierul, chiar producători de electricitate.

Prima pilă electrică era o „coloană" sau teanc (pilă din cuvîntul francez „pile" = teanc), construită de Volta din perechi de discuri de cupru şi zinc separate între ele prin bucăţi de carton umezit cu o soluţie de apă şi acid sulfuric.

Rezultatele au impresionat lumea şi chiar pe autor la 1800, cînd Volta comunica invenţia sa. Apăruse primul generator, sursă de curent constant care dovedea că „electricitatea animală" nu diferă de cea electrostatică. S-au făcut de atunci diverse combinaţii de perechi de metale: Pb—Sn; Cu—Ag; Zn—Ag care dau tensiuni diferite.

Începînd cu această descoperire, domeniile de aplicaţie ale curentului electric se extind treptat. Se punea problema pe atunci dacă electricitatea produsă de pilă este „de contact" sau există vreo legătură între fenomenele electrice şi cele chimice. Astfel, încă din 1754, Sulzer, lipind cap la cap două fîşii metalice, una de plumb şi alta de argint şi punînd cele două capete libere pe limbă a simţit un gust înţepător (acid) în partea atinsă de foiţa de plumb şi un gust leşietic (bazic) la foiţa de argint. Sulzer nu şi-a dat seama că fenomenul s-ar datora electricităţii. „Galvaniştii şi voltaiştii" aşa cum erau numiţi experimentatorii de la sfîrşitul veacului XVIII, au făcut multe descoperiri pe baza electricităţii voltaice.

Astfel, s-a descoperit că, trecînd un curent electric prin două vergele metalice cufundate în apă, apa se descompune, obținîndu-se „aer arzător" (hidrogen) și „aer vital" (oxigen). De asemenea, s-a aflat că sărurile metalice, cum ar fi sulfatul de cupru (piatra vînătă), se pot descompune cu ajutorul curentului electric, separîndu-se metalul (cuprul).

Existența unor efecte chimice ale curentului electric presupunea și fenomenul invers: existența unor efecte electrice ale reacțiilor chimice. În multe țări au început pe atunci încercări cu „pila" lui Volta și adeseori același lucru se descoperea în locuri diferite.

În anul 1803, Vasili Petrov construiește o baterie închisă, compusă din 4 200 rondele de aramă și de zinc, cu ajutorul căreia cercetează efectul trecerii curentului prin diferite substanțe și descoperă „arcul electric". Paralel, Davy face același lucru în 1807.

Studiind fenomenul de electroliză, Iacobi prezintă la 1838 descoperirea unei noi aplicații a electricității — galvanotehnica, ramură care se ocupă cu acoperirea unor obiecte de metal cu straturi subțiri de alt metal, prețios sau mai rezistent.

Curentul electric produs de pile a dat naștere unor noi și noi domenii de aplicație, precum electrochimia, cu ajutorul căreia se descoperă o serie de elemente: potasiul, sodiul, bariul, stronțiul, calciul și magneziul.

Pila electrică (cunoscută după cercetări recente încă din antichitate), nu a fost părăsită nici azi, cu toate că au apărut mașinile electrice ca surse de curent mult mai puternice, producerea curentului pe cale electrochimică fiind avantajoasă în special la tracțiunea electrică (electrocare și electromobile).

Se fac azi încercări pentru a obține surse puternice și ieftine prin folosirea unor combinații de metale ieftine, de tip metal — aer, așa încît studiul efectelor „galvanicismului" (lumină, căldură, magnetism, chimie) va mai dura mult.

Electricitatea prin frecare, ca și cea obținută pe cale chimică nu puteau satisface cerințele de energie din ce în ce mai mari ale omenirii. Astfel, curentul electric produs de pile a fost utilizat și la nașterea unei noi aplicații: electrodinamica.

NOUA ȘTIINȚĂ — ELECTRICITATEA

S-a arătat mai înainte că în lucrările lui, Coulomb recomanda matematizarea electricității. Începînd cu secolul al XIX-lea, fiecare descoperire este supusă unei analize teoretice pe baza măsurătorilor și calculelor matematice. Se introduc termenii noi: „potențial", „cîmp de forțe", ca mărimi calculabile.

Studiind diferitele efecte ale curentului electric produs de pile se încearcă să se găsească legătura dintre electricitate și magnetism sau, așa cum spunea fizicianul danez Hans Cristian Oersted, „efectul conflictului electric asupra acului magnetic".

Experiența este cunoscută de noi din școală: un fir prin care trece curentul electric deviază acul magnetic aflat sub el. Este celebrul „efect magnetic". Tot atunci s-a construit primul electromagnet. În același an 1820, Ampère stabilește, pe baza experiențelor lui Oersted, legile acțiunilor dintre curentul electric și

magneți, precum și legile dintre curenți, realizînd ceea ce se numește solenoidul, un conductor înfășurat în spirală care la trecerea curentului electric se comportă ca un magnet.

Tom Ampère se ocupă de teoria curenților moleculari, un adevăr relativ asupra magneților, ca precursoare a teoriei electronice a magnetismului.

Ca și Oersted, Ampère, Biot și Savart, un alt mare om de știință a devenit cunoscut: este vorba de Michael Faraday, un tînăr muncitor legător de cărți, setos de a ști cît mai multe. El a observat că, mișcînd un conductor într-un cîmp magnetic, se obține curent electric. Descoperise fenomenul de inducție electromagnetică și totodată inventase prima mașină generatoare de curent electric, perfecționată ulterior (1869) de electricianul german Gramme, care a construit un dinam cu colector.

Transformarea magnetismului în electricitate, operație inversă decît cea din experiențele lui Oersted și Ampère, a impulsionat tehnica începînd cu mai bine de un secol în urmă. Inducția magnetoelectrică, obținută cu ajutorul curenților debitați de o baterie voltaică a fost denumită la început de Faraday „inducție voltaelectrică". El a considerat-o aproape analoagă inducției produsă de electricitatea statică, cu toate că între magnet și solenoid (bobină electrică fără miez feromagnetic) există mai multe deosebiri, dintre care, una esențială, este aceea că la o bobină se pot inversa polii magnetici în timp ce la un magnet, nu.

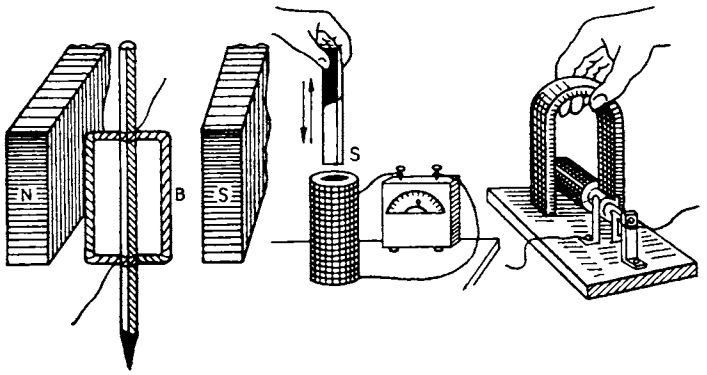


Fig. 1.1. Curenții de inducție care iau naștere într-o bobină, au condus la construirea mașinilor electrice.

În afară de aceasta, un magnet poate oferi un cîmp magnetic permanent, fără mișcare, pe cînd într-un circuit se produce electricitate numai prin mișcarea fie a magnetului, fie a circuitului, fenomen ce stă la baza principiului de funcționare a generatoarelor de curent electric (dinamul și alternatorul).

La 24 noiembrie 1831, Michael Faraday prezintă în Anglia prima din cele douăzeci și nouă de serii de comunicări ale sale privind diferite descoperiri științifice proprii. Memoriul respectiv se referea la epocala descoperire a unei noi forme de existență a materiei, cîmpul magnetic și cîmpul electric, rezultatul unui deceniu de cercetări rodnice. După această comunicare asupra inducției electromagnetice, diferiți industriași i-au oferit lui Faraday mari sume de bani pentru a-l determina să se consacre descoperirilor, pe care să le breveteze, pentru ca ei să le fructifice apoi. Dar el a refuzat preferînd să le publice totuși spre a fi în folosul întregii omeniri.

Ca mare om de știință, Faraday a făcut, de-a lungul a patru decenii, descoperiri experimentale fundamentale în electricitate. Viața sa este un exemplu de muncă și disciplină. Rămas orfan de tată a trebuit să-și ajute familia vînzînd ziare la început, apoi angajat ca ucenic și legător de cărți la un librar, timp de opt ani. În timpul liber Michael citea cărțile aduse de clienți la legat, le studia temeinic, făcîndu-și însemnări, comentînd teoriile

pe atunci la modă în lumea științelor, după cum scria în caietul său de notițe intitulat: „O colecție de notițe, întîmplări, evenimente etc. privitoare la arte și științe".

Citise, între 13 și 21 de ani, enorm de multe cărți, printre care „Enciclopedia" care l-a familiarizat întrucîtva cu fizica, precum și „O mie și una de nopți". Avea o imaginație bogată, era, cum spunea el modest, „un băiat ager" și „dădea o deosebită atenție faptelor".

Ajutat de fratele său care era fierar, a putut să urmeze un ciclu de conferințe publice serale de fizică și astronomie. Apoi a luat parte, împreună cu cîțiva prieteni, la o societate științifică înființată de ei, în cadrul căreia fiecare ținea prelegeri, citeau și experimentau, tînărul Faraday avînd instalat un modest laborator în podul unei case.

La 25 de ani a publicat rezultatele primelor sale experiențe. Prestigiul său a crescut repede în rîndul oamenilor de știință englezi. La 76 de ani, vîrsta morții sale (1867), era considerat de mult „cel mai mare cercetător în domeniul electricității".

Și este adevărat că opera lui Faraday nu are seamăn în istoria electricității, ca număr de descoperiri, ca importanță în practică și deschidere de noi orizonturi în tehnică.

Acest fiu de fierar avea un „secret": muncă titanică dublată de un stil de lucru meticulos, tenace și riguros. Astfel se explică cum de s-a ocupat de atîtea probleme de bază din domeniul electricității, dintre care amintim pe scurt cîteva: inducția electromagnetică (1831), legile electrolizei (1833), autoinducția (1834), liniile de forță electrice și dielectricul (1837), polarizarea luminei (1845), diamagnetismul și paramagnetismul (1846), o nouă stare a materiei (spațiului — 1831), identitatea electricității (prin frecare, galvanică, de inducție electromagnetică, termoelectricitatea, cea produsă de pești) magnetismul și lumina (1845), mediul intermediar, vidul și atomii (1844) etc.

Acum ne dăm seama că prin ideile sale și prin problemele pe care le punea, Faraday a fost un înaintaș în știința contemporană lui. Unele probleme puse de el continuă să preocupe și azi pe savanți, fiind de mare actualitate pentru fizica din zilele noastre (viteza de propagare a gravitației, legătura dintre cîmpurile electromagnetic, nuclear, mezonic etc.). De pildă, deși nu sînt mărimi perfect comparabile, se poate face o paralelă între un circuit electric bazat pe legea lui Ohm și un circuit magnetic:

— forța magnetomotoare are rolul forței electromotoare;

— reluctanța are rolul rezistenței;

— fluxul magnetic are rolul curentului.

Amintim că reluctanța R a unui circuit magnetic compus, de exemplu în cazul unui motor, din elemente feromagnetice în jurul cărora sînt bobinați conductorii, reprezintă cîtul din împărțirea forței magnetomotoare F prin fluxul de inducție Φ.

De asemenea, există în funcționarea mașinilor electrice două forțe care au acțiuni diferite: prima — forța electromagnetică — se exercită asupra unui curent situat într-un cîmp magnetic iar a doua — forța electrodinamică — reprezintă forța la care este supus un curent, care se găsește într-un cîmp magnetic produs tot de un curent și care este proporțională cu produsul intensităților celor doi curenți. Datorită acestor curenți intenși pot apărea forțe electrochimice care să deformeze spirele și să deterioreze bobinajul mașinii electrice.

De aici se observă că şi interacţiunea dintre magneţi şi cea dintre bobine se aseamănă între ele, atît magneţii cît şi bobinele atrăgîndu-se reciproc.

Şi încă ceva: în aceasta constă şi diferenţa fundamentală între interacţiunea dintre sarcinile electrice (statice) şi curenţii electrici, prima ducînd la o slăbire şi anulare a cîmpurilor electrice, pe cînd interacţiunea dintre curenţii electrici determină o intensificare a cîmpurilor magnetice create de ei.

S-a insistat aici asupra ipotezei de reciprocitate între acţiunea cîmpului magnetic şi acţiunea curentului electric, concepţie fundamentală în electricitate, datorită aplicaţiilor ei, cît şi spre a sublinia că adevărata reciprocitate nu este între magnetism şi electricitate, ci între curentul electric şi variaţia cîmpului magnetic, variaţie care putea fi obţinută în mai multe feluri (întreruperea curentului, mişcarea bobinei).

În 1834, la un an după ce enunţă reversibilitatea maşinilor electrice, Iacobi, om de ştiinţă rus, construieşte un electromotor cu colector, alimentat de o baterie alcătuită din 320 de elemente voltaice şi în 1838 îl aplică unei bărci, încărcată cu 14 persoane care a navigat pe rîul Neva la Petersburg.

Către mijlocul secolului al XIX-lea survine o ocazie care scoate maşina electrică generator din rolul de „aparat de laborator", deţinut timp de un sfert de veac şi o aduce în cîmpul aplicaţiilor din industrie. Mai multe naufragii ale vapoarelor mişcate de maşini cu aburi atrag atenţia oamenilor asupra insuficienţei luminii farurilor. Într-adevăr, slaba lumină dată de lămpile cu ulei s-a dovedit a fi insuficientă spre a fi văzută de la mare distanţă. Iluminatul electric nu fusese încă introdus. Arcul electric, deşi era cunoscut încă din anul 1802, totuşi, datorită curentului electric furnizat de elementele galvanice, nu corespundea. Atenţia se îndreptă atunci către maşinile magneto-electrice din laboratoare, astfel că, în anul 1858, se iluminează cu electricitate primul far din lume, aceasta constituind şi începutul utilizării practice a electricităţii la iluminat.

Totodată ansamblul alcătuit din motor — generator (maşina cu abur — alternatorul) devine prima formă a grupului electrogen din centralele electrice.

Primele maşini electrice generatoare, construite pe baza fenomenului inducţiei au fost alternatoarele care furnizau curent electric alternativ, adică un curent care îşi schimbă sensul la intervale de timp egale (perioade). Tot pe atunci, experimentatorii încercau să obţină de la generatoare curent continuu. Şi aceasta a făcut-o lucrătorul electrician Grame în anul 1869, prin construirea primei maşini dinamoelectrice.

În 1873 s-au extins posibilităţile maşinilor electrice prin folosirea dinamului şi ca motor.

De la această dată aplicaţiile practice ale electricităţii îşi găsesc noi domenii de întrebuinţare: telegraful, avînd ca organe principale electromagneţii, telefonul, termoelectricitatea, electrochimia, iluminatul electric, acţionări electrice, tracţiunea electrică, radioul, televiziunea etc. Lista aplicaţiilor ar fi prea lungă să o prezentăm aici. Noi vom exemplifica şi experimenta pe cele mai cunoscute din viaţa cotidiană.

Astăzi, oricine îşi dă seama că dacă nu ar exista electricitatea cu aplicaţiile sale, atunci am fi lipsiţi de toate binefacerile civilizaţiei moderne.

ELECTRICITATEA ÎN PATRIA NOASTRĂ

Electrificarea constituie baza industrializării, este o formulă care nu mai necesită nici un fel de demonstrație fiind pe cît de logică, pe atît de necesară economiei și bunăstării întregii omeniri. Ușurarea efortului fizic al muncitorilor prin automatizarea proceselor de producție, mărirea considerabilă a productivității muncii, îmbunătățirea calității produselor, sporirea gradului de confort al oamenilor etc. sînt doar cîteva dintre binefacerile electrificării.

Urmărind evoluția puterii electrice instalate în țara noastră, se constată că ea a crescut de la 545 000 kW, cît avea în 1938, la 720 000 kW în anul 1960. Concretizînd planul de Stat, oamenii muncii au construit în numai 10 ani 22 de centrale electrice printre care: Doicești, Sîngeorgiu de Pădure, Paroșeni, Borzești, Moroeni, Sadu V., Ovidiu, Comănești, Hunedoara etc.

În anul 1960 producția de energie electrică atingea cifra de 7,7 miliarde kWh. Apoi numărul centralelor termoelectrice și hidroelectrice a crescut cu marele construcții de la Bicaz, Argeș, Olt, Porțile de Fier etc., iar puterea instalată de asemenea. Paralel cu aceasta s-au construit mari uzine pentru fabricarea diferitelor mașini electrice: „Dinamo", „Electromotorul", „Electroprecizia" și altele. Întreaga țară a fost și continuă să fie tot mai împînzită cu o vastă rețea de linii de înaltă tensiune, ceea ce permite ca energia electrică să fie distribuită pînă în cele mai mici și îndepărtate localități.

Privind în urmă la primele mici uzine electrice instalate în țara noastră, mai întîi pentru iluminat, cum au fost cele de la salinele Slănic—Prahova (1882), expoziția din București (1883), Teatrul Național și Cișmigiu (1884), orașul Timișoara (1 decembrie 1884), care devine primul oraș din Europa iluminat electric, ne dăm seama de progresul făcut în anii construcției socialiste în utilizarea energiei electrice.

Aproape în aceeași vreme cu apariția electricității se introduce în țara noastră și tracțiunea electrică, telegraful și telefonul. În 1889 se construiește în București prima linie electrică de tramvai Obor—Cotroceni, în 1854 prima linie telegrafică București—Giurgiu, iar în 1890 prima centrală telefonică cu 300 de numere, tot în București.

Cu puțin timp înainte de anul 1900, au avut loc primele acțiuni de electrificare a producției, precum și instalarea unor mici centrale hidraulice pe valea Prahovei, la Cîmpina și Sinaia (1898), și a unor scurte linii de transport pentru energia electrică.

Dacă ne gîndim că, de la prima aplicare practică a electricității în țara noastră, telegraful electric, a trecut abia un secol, ajungem la concluzia că dezvoltarea științifico-tehnică a făcut, într-un interval relativ scurt, progrese apreciabile în electricitate, energetică și radioelectronică.

Numeroși specialiști și oameni de știință români au adus contribuții remarcabile la dezvoltarea sectorului electric.

CURENTUL ELECTRIC

GENERALITĂȚI

Cartea noastră se adresează tinerilor care vor să cunoască mai temeinic electricitatea, despre care se presupune că au noțiunile de bază. De aceea am început cu un sumar istoric al descoperirii și utilizării energiei electrice de-a lungul veacurilor, iar în paginile ce urmează tinerii amatori vor lega mai strîns teoria de practică prin construcții de aparate și dispozitive utile, pornind la lucru progresiv, de la simplu la complicat. Prin experiențe personale se învață cel mai bine cunoașterea fenomenelor electrice.

Mai înainte însă, cîteva sfaturi necesare privind utilarea micului nostru laborator și regulile de lucru.

Pe lîngă o serie de materiale mărunte (banane, cleme, coliere, rezistoare, condensatoare, bobine, conductoare de legătură etc.), mai sînt necesare, pentru executarea diverselor lucrări de atelier și montaje următoarele scule și unelte: menghină mică de mînă, ferăstrău pentru tăiat metale, ciocan, șubler, metru metalic, mașină de găurit, briceag, foarfece, șurubelnițe diferite, clește patent, clește cu vîrf lung, lampă de carte sau de masă, pensetă, ciocan de lipit tip pistol cu rezistență.

Pentru operațiile de lăcătușerie și mecanică fină (măsurare, trasare și punctare) se utilizează raportorul, echerul, metrul, compasul cu vîrf metalic, punctatorul, apoi pile, burghie și alizor de diferite dimensiuni, toate așezate într-o trusă specială.

Iată și cîteva reguli de lucru:

a) Înainte de a începe construirea unui aparat, lămurește-te bine asupra părții lui teoretice, ce rol are și dacă poți procura toate piesele necesare.

b) Studiază atent, detaliat, figura sau desenul după care vei executa piesa respectivă.

c) Alege sculele potrivite materialelor și lucrărilor proiectate.

d) Înainte de a tăia, decupa, găuri sau îndoi „măsoară de șapte ori și execută o dată".

e) Nu trece la o nouă operație asupra unei piese pînă nu ai terminat operația obligatorie precedentă — improvizațiile aduc nereușite în experiențe.

f) Cînd nu cunoști ceva întreabă pe colegi, profesori, părinți, căci nu este rușine să înveți de la cei ce știu lucruri frumoase.

g) Păstrează locul de muncă curat și păstrează ordinea în micul laborator.

h) Respectă normele de protecția muncii învățate în școală deoarece efectele trecerii curentului electric prin corpul omului (șocul electric și electrotraumatismele) sînt foarte grave. Cu toate că lucrările din cartea noastră utilizează curenți slabi, se recomandă atenție la experiențe.

Şi acum, o ultimă precizare. Mulţi tineri amatori folosesc atît în scris cît şi în vorbirea curentă, termeni, denumiri şi expresii neacceptabile, fiind neştiinţifice.

Pentru a nu se produce confuzii, tinerii constructori trebuie să cunoască şi să utilizeze în scrisul şi limbajul lor ştiinţific şi tehnic numai noţiuni şi denumiri în forma corespunzătoare limbii române moderne, conform celei indicate în lucrările şi publicaţiile de specialitate (dicţionare, cărţi, reviste).

Redăm cîteva elemente de circuit, pasive şi active, care se definesc astfel:

Rezistor — Dispozitiv avînd ca proprietate principală rezistenţa electrică.

Condensator — Dispozitiv compus din două armături separate printr-un dielectric, avînd capacitatea de a înmagazina o anumită sarcină electrică.

Bobină — element component al circuitelor electrice, constituit dintr-un conductor electric înfăşurat în formă de spire în jurul unui suport izolator avînd capacitatea de a înmagazina o anumită energie magnetică.

Forma pluralului s-a stabilit a fi rezistoare, condensatoare, bobine şi nu cum se spune uneori greşit: *rezistenţă* în loc de *rezistor, capacitate* sau *capacitor* în loc de *condensator* şi *inductanţă* sau *self,* în loc de *bobină.*

De asemenea şi alte denumiri de piese folosite în montaje vor fi exprimate corect astfel: *tub electronic* şi nu *lampă de radio, transformator* şi nu *trafo.* În ceea ce priveşte terminalele unui tranzistor se spune *bază, colector* şi *emitor* (nu *emiter*).

Pluralul următorilor termeni va avea formele: *transformatoare, acumulatoare, convertoare, emitoare, redresoare, catode, anode* (nu *catozi* sau *anozi*), detectoare, potenţiometre, comutatoare, conductoare etc.

Utilizînd termenii electrotehnici şi radiotehnici conform indicaţiilor recomandate, tinerii amatori dau dovadă de cunoaşterea şi înţelegerea noţiunilor unor termeni tehnici uzuali.

SARCINA ŞI CÎMPUL ELECTRIC

Mersul pe un covor de lînă, ştergerea mobilei de praf, dezbrăcarea unui pulover din fire de nylon sau relon, pieptănatul părului, aprinderea unui bec, funcţionarea unui televizor, ne oferă prilejul de a observa efectele unor fenomene electrice. De asemenea, fulgerele şi trăsnetele care au produs din cele mai vechi timpuri o impresie deosebită asupra oamenilor, sînt tot manifestări ale electricităţii.

Observaţiile cu privire la electrizarea corpurilor prin frecare erau numeroase, dar ele au rămas fără explicaţii mulţumitoare. S-au formulat multe teorii, unele dintre ele au fost repede părăsite. Concluzia la care se ajunsese pînă la apariţia teoriei atomice (sec. XX), susţinea că există electricitate sticloasă, denumită pozitivă şi electricitate răşinoasă, denumită negativă.

Pentru a înţelege natura curentului electric va trebui să facem şi noi o scurtă incursiune în interiorul materiei. Fără a spune prea multe despre atomi, amintim că ei formează „cărămizile" universului şi că fiecare atom se compune dintr-un nucleu care conţine protoni şi neutroni, în jurul căruia se rotesc un număr

de electroni plasaţi pe diverse orbite. Astfel un atom de cupru are în total 28 de electroni şi 29 de protoni. Pe o lungime de 1 cm încap cam 100 000 000 atomi, aşa de mici sînt.

Atomul de hidrogen are un proton şi un electron, atomul de heliu un proton şi un electron, iar cel de uraniu are 92 de electroni, 92 de protoni+146 neutroni în nucleu, în total deci 238 particule şi 92 electroni sateliţi. Aceasta înseamnă că atomul de uraniu este de 238 ori mai greu decît atomul de hidrogen, adică are masa atomică sau numărul atomic =238.

Savanţii atomişti afirmă existenţa şi a altor particule subatomice decît protonii, neutronii şi electronii, dar pe noi ne interesează deocamdată numai cele descrise anterior, spre a simplifica scurta teorie a electricităţii.

În mod normal se consideră că sarcina electrică a protonului este pozitivă, iar sarcina electronului — negativă şi că cele două sarcini sînt echilibrate, atomul fiind, din punct de vedere electric, neutru. Neutronii nu au sarcină electrică, prezenţa lor în nucleu afectînd numai masa atomului.

Electronii, particule cu sarcină negativă (în limba greacă electron=chihlimbar), sînt reţinuţi în atom deoarece ei sînt atraşi de sarcina pozitivă a nucleului.

Sarcina electrică este o mărime fizică ce exprimă proprietatea corpurilor de a produce în jurul lor un cîmp electric şi de a interacţiona (atrage sau respinge) cu alte corpuri electrizate: se notează cu litera Q sau q şi se măsoară în coulombi.

La electrizarea corpurilor prin frecare se realizează un contact strîns între atomii a două corpuri şi se produc „smulgeri" de electroni de la un atom la altul. Frecarea joacă în acest proces un rol neînsemnat, de fapt e numai apropierea atomilor.

Să efectuăm următoarea experienţă ca să vedem „electronii" la lucru.

Frecînd o baghetă de sticlă, atomii din regiunea frecată a sticlei pierd o parte din electroni: sticla devine pozitivă. Electronii pierduţi din sticlă se îngrămădesc pe bucata de stofă care devine astfel negativă. Dacă am freca o baghetă de chihlimbar, ebonită sau material plastic un mare număr de electroni de pe suprafaţa stofei ar trece pe aceea a baghetei, care ar deveni negativă iar stofa — pozitivă.

Cu alte cuvinte electricitatea pozitivă înseamnă „mai puţini electroni" iar electricitatea negativă înseamnă „mai mulţi electroni". Această proprietate nu era cunoscută în antichitate.

Cînd un atom neutru pierde electroni el devine „ion pozitiv" iar cînd primeşte electroni se numeşte „ion negativ".

În unele corpuri, toţi electronii sînt reţinuţi în apropierea nucleelor. Astfel de corpuri se numesc izolatoare sau dielectrici cum sînt sticla, parafina, porţelanul, ebonita etc.

În alte corpuri ca în fier, cupru, argint, aluminiu (metale), o parte din electroni sînt liberi şi se pot deplasa prin atomii corpului respectiv. Cauza comportării diferite a electronilor la metale şi izolatori se datoreşte distanţei dintre nucleele atomilor şi cîmpurilor lor electrice. Electronii liberi sau de conducţie dintr-o tijă de cupru se deplasează aproape liberi prin reţeaua de ioni (Cu^+) aşezaţi ordonat.

Cîmpul electric este regiunea din spaţiu asociată sarcinilor electrice, purtătoare a interacţiilor dintre ele. Cum se constată prezenţa unui cîmp electric?

O sarcină electrică oarecare creează în jurul ei o stare electrică specială, numită cîmp electric (sau cîmp electrostatic) prin intermediul căruia se realizează transmiterea forţelor. Aceste forţe se transmit din aproape în aproape şi nu instantaneu şi de la distanţă, cum s-a crezut la începutul descoperirii fenomenelor electrostatice, produse de sarcini electrice aflate în repaus.

Fără multe pregătiri, luaţi un pieptene, stiloul ori pixul (să fie de material plastic) şi veţi vedea că, apropiindu-l de bucăţele de hîrtie, ele vor rămîne nemişcate. Frecaţi apoi obiectul de o bucată de stofă de lînă şi veţi constata cu surpriză că de data aceasta hîrtiuţele vor fi atrase. Este cea mai veche experienţă cunoscută care probează existenţa electrizării corpurilor (fig. 2.1).

1. Prin frecarea pieptenelui, acesta se încarcă cu electricitate negativă (electroni în exces) şi atrage foiţele de hîrtie neelectrizate (neutre) aflate pe masă sau suspendate. Aceleaşi fenomene pot fi constatate la sticlă, ceară roşie, chihlimbar, dacă sînt frecate cu o bucată de lînă sau mătase. Deci corpurile electrizate atrag corpurile uşoare din jurul lor.

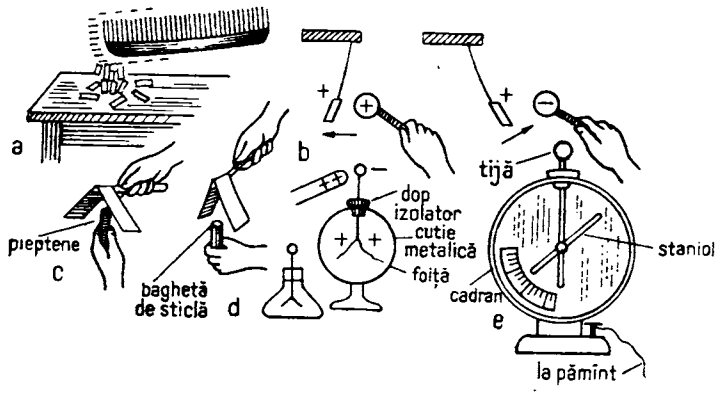


Fig. 2.1. Experienţe şi dispozitive pentru demonstrarea sarcinilor şi a cîmpurilor electrostatice.

Procedînd ca în figura 2.1 b, se poate cunoaşte semnul sarcinii electrice de pe un corp. Legaţi de un fir de mătase o foiţă de hîrtie electrizată de care apropiaţi un corp electrizat pozitiv (o baghetă de sticlă, o eprubetă, frecate de o bucată de mătase). Dacă foiţa de hîrtie va fi respinsă, înseamnă că şi ea este încărcată tot cu electricitate pozitivă şi invers. Cu alte cuvinte: corpurile încărcate cu electricitate de acelaşi fel se resping, iar cele încărcate cu electricitate de fel contrar se atrag. În loc de hîrtie puteţi folosi bobiţe de soc sau fulgi de pasăre.

2. Tăiaţi dintr-o foaie de ziar o bandă de hîrtie de 60×10 cm pe care, punînd-o pe masă, o frecaţi la un capăt de-a lungul, în acelaşi sens, cu o blană de pisică sau de iepure. Veţi observa că atunci cînd introduceţi între cele două capete ale hîrtiei un pieptene din material plastic, electrizat prin frecare, unghiul dintre cele două părţi se măreşte (fig. 2.1 c).

Introduceţi apoi un obiect de sticlă frecat de o bucată de mătase şi fîşiile se vor apropia între ele. Astfel aţi construit un mic electroscop pentru determinarea stării electrice şi a semnului sarcinii electrice.

Se poate construi un electroscop stabil, necesar şi altor experienţe, suspendînd două fîşii de foiţă subţire sau de staniol la capătul unei tije metalice, în partea de sus lipind cu cositor o bilă de rulment prin care se scurge mai greu electricitatea. Menţionăm că prin vîrfuri se scurge uşor electricitatea statică, în timp ce prin capete rotunjite, mai greu.

Atingînd cu o vergea metalică sau de sticlă electrizată, foiţele se încarcă cu acelaşi fel de electricitate şi se vor respinge. Cu cît foiţele se vor depărta mai mult de poziţia lor iniţială,

cu atît, evident, sarcina electrică de pe ele va fi mai mare (fig. 2.1 d).

Montînd electroscopului de mai sus şi o scară gradată (fig. 2.1 e) obţinem un adevărat instrument de măsură denumit voltmetru electrostatic. Cu el se pot compara, în funcţie de numărul diviziunilor la care se ridică foiţa de staniol, tensiunea dintre două corpuri puse în legătură unul cu tija electroscopului şi celălalt cu cutia lui metalică. Electroscopul se poate monta şi în interiorul unui flacon cu pereţi conici şi gîtul larg. Experienţele de mai sus demonstrează că sarcinile de acelaşi fel se resping, iar cele de sens contrar se atrag datorită interacţiilor reciproce care au loc în jurul acestor sarcini şi în spaţiul dintre ele, denumit cîmp electric.

Acum ne putem explica mai bine natura fenomenelor electrice. Am văzut că un corp neelectrizat conţine sarcini electrice pozitive şi negative în cantităţi egale. S-a constatat că dacă se freacă o baghetă din masă plastică (răşină) cu postav, bagheta se electrizează negativ, iar postavul pozitiv (bagheta primind electronii de la postav care-i pierde). Cînd se foloseşte o baghetă de sticlă frecată de mătase, sarcinile electrice se distribuie invers: bagheta devine pozitivă, iar mătasea negativă. Precizăm că încărcarea electrică este cu atît mai mare, cu cît numărul electronilor liberi (de valenţă) obţinuţi datorită contactului strîns prin frecare, este mai mare.

De asemenea, trebuie reţinut că în spaţiul unde există forţe electrice există un cîmp electric (substanţă) care este o formă de existenţă a materiei continuă în spaţiu şi timp. Fără a intra în amănunte teoretice, mai adăugăm că intensitatea cîmpului magnetic (o mărime vectorială ca şi forţa electrică), este dată de raportul $E=F/q$; de unde $F=E.q$. S-a notat cu E, intensitatea cîmpului magnetic şi cu F, forţa care acţionează asupra sarcinei q.

Intensitatea cîmpului electric depinde de mediul în care se dezvoltă (în vid este cea mai mare), electricitatea fiind răspîndită la suprafaţa conductoarelor. Pe suprafeţele curbe, ea se răspîndeşte pe partea bombată în afară (convexă). În interiorul unui conductor aşezat într-un cîmp electric, nu există cîmp electric, iar în interiorul dielectricului, cîmpul este mai slab.

GENERATOARE ELECTROSTATICE

Producerea electricităţii prin frecarea (contactul) unui corp de sticlă, ebonită, material plastic este uneori suficientă pentru unele experienţe fundamentale. Totuşi, uneori este necesară o cantitate mai mare de sarcini electrice care să fie continuu generate şi de aceea vom prezenta cîteva modele de „maşini electrostatice".

Eprubeta-generator este cel mai simplu dispozitiv de producere a sarcinilor electrice pozitive şi negative.

Procuraţi o eprubetă didactică pe care, la o treime din lungimea ei, se va lipi la exterior cu un adeziv (Lipinol sau Stirocol), un inel îngust din foaie subţire de staniol de la ambalajele de ciocolată. La distanţă mică (0,5 mm) se va lipi al doilea inel, lat de 60 mm din acelaşi material. Se va răsuci o sîrmă şi la un capăt i se leagă un petec de mătase, obţi-

nîndu-se un fel de perie care se introduce în eprubetă.

Pentru a produce electricitate, se ţine eprubeta cu mîna stîngă, de partea dinspre gura ei, evitîndu-se orice atingere cu degetele a inelelor de staniol. Se prinde coada de sîrmă a periei, care iese afară din eprubetă, cu mîna dreaptă. Mişcînd rapid peria în interiorul eprubetei, înainte şi înapoi, în toată lungimea tubului, se va observa la întuneric, numeroase scîntei între cele două inele de staniol. Pentru reuşita experienţei se recomandă ca atît eprubeta, cît şi mătasea cu care se freacă să fie perfect uscate. În zilele cu ceaţă sau ploaie, cînd atmosfera e umedă, „generatorul" nostru nu dă rezultate satisfăcătoare, deoarece cantitatea destul de mică de electricitate se scurge uşor în mediul ambiant.

Dacă se foloseşte în locul eprubetei o sticlă curată de la lampa cu petrol, se obţin scîntei mult mai mari. În cazul acesta, cele două inele de staniol vor avea dimensiuni mai mari şi se vor lipi la distanţă de 3—4 mm unul de altul.

La fel de bine se poate folosi un tub de sticlă cu diametrul de 30—40 mm, scînteile obţinute fiind şi mai spectaculoase.

Legînd de inelul îngust un fir de cupru, la al cărui capăt opus se ataşează mai multe şuviţe de foiţă parafinată de la cutia cu indigouri sau foiţă simplă, se va putea observa cum acestea se îndepărtează unele de altele, cînd se freacă cu peria numai în dreptul inelului îngust. Vă explicaţi acum că este vorba despre respingerea sarcinilor electrice de acelaşi fel. Tot la fel, se pot face şi alte experienţe din cele învăţate la şcoală.

Electroforul, care înseamnă „purtător de sarcini electrice", este un alt dispozitiv inventat de Volta, uşor de construit şi care dă posibilitatea de a lua de pe un conductor o cantitate nelimitată de sarcini electrice pozitive şi negative, datorită fenomenului de electrizare prin influenţă. El se compune dintr-un disc de ebonită (1) şi dintr-un disc metalic (2) prevăzut cu un mîner izolant din sticlă, fixată de disc cu ceară roşie.

— În altă variantă se poate utiliza un disc de aluminiu gros de 1—2 mm, cu diametrul de 200 mm şi un disc de cauciuc cu diametrul de 300 mm, de la o cameră auto. Ca mîner al discului de aluminiu se poate folosi o bară rotundă de lemn care se prinde de disc cu ajutorul unui şurub pentru lemn.

— Alt tip de electrofor foloseşte pentru discul de ebonită, o bucată de masă plastică (plexiglas, polietilenă etc.) rotundă, cu diametrul de 200 mm, şlefuită pe margine, care se lipeşte cu adeziv pe un alt disc de placaj, avînd diametrul de 300 mm.

Apoi se taie discul al doilea tot din placaj la diametrul de 200 mm şi i se fixează un mîner. Se şlefuieşte tot cu glaspapier şi se unge de cîteva ori cu şelac. În sfîrşit, se taie o bucată de postav, stofă sau blană de pisică cu care se freacă discul de plastic, ebonită sau cauciuc, spre a se produce sarcini electrice. Discul se poate confecţiona topind un amestec de sacîz şi ceară într-o formă rotundă.

Dacă electrizăm negativ discul 1 (aşezat pe masă) prin frecarea lui cu o bucată de stofă şi apoi aşezăm pe el discul 2 de tablă, deoarece cauciucul, ebonita sau plasticul este rău conducător de electricitate, sarcina electrică de pe discul 1, practic nu va trece pe discul 2. Din cauza electrizării prin influenţă, pe suprafaţa inferioară a discului (2) se va obţine o sarcină pozitivă, iar pe suprafaţa superioară

— o sarcină negativă. Atingînd cu mîna discul 2, sarcina sa negativă (liberă) se va scurge prin mînă la pămînt, iar sarcina pozitivă va rămîne pe disc. Pentru a o transmite altor corpuri, se ridică discul 2 de mînerul izolat, după care se poate repeta experienţa.

Cu un electrofor este posibilă transmiterea prin influenţă a sarcinilor electrice altor corpuri sau încărcarea condensatoarelor de tipul buteliei de Leyda.

Butelia de Leyda are forma cilindrică şi se poate confecţiona dintr-un pahar de sticlă albă în care se introduce forţat cilindrul tronconic confecţionat din tablă de cutii de conserve cu fund. Armătura exterioară care îmbracă paharul de sticlă are dimensiunile 3/4 din înălţimea paharului şi se construieşte tot din tablă. De armătura interioară se leagă o tijă metalică cu o sferă la capătul liber, care iese în afara paharului.

Butelia se încarcă cu electricitate prin apropierea discului (2) al electroforului de sfera armăturii metalice interioară (2). Butelia se mai poate încărca la unul din polii maşinii electrostatice, care va fi descrisă în continuare. Descărcarea buteliei se face cu ajutorul unui descărcător (excitator) construit dintr-o sîrmă de aramă sau alamă, îndoită în formă de arc şi avînd la capete cîte o sferă (bilă de rulment) lipită cu cositor.

Mînerul descărcătorului poate fi un tub de sticlă sau de ebonită lipit cu ceară roşie pe tija metalică.

Butelia de Leyda este primul tip de condensator, construit în anul 1746, într-un laborator al Universităţii din oraşul Leyda (Olanda). Acest tip de condensator este precursorul actualelor tipuri de condensatoare.

Aici descriem o altă variantă uşor de construit a unei butelii Leyda. Procuraţi o sticlă de o jumătate de litru, albă, cu pereţii groşi şi gura largă. Acoperiţi cam 3/4 din suprafaţa exterioară cu staniol pe care îl lipiţi cu lipinol sau cu şelac. Introduceţi apoi în sticlă mici gheme de staniol mototolit. Treceţi apoi printr-un dop etanş de cauciuc sau de plută, care a fost fiert în parafină (pentru a avea o izolaţie cît mai bună) o bucată de sîrmă groasă de 4—5 mm. La capătul superior al sîrmei lipiţi o bilă metalică, iar la cel din interiorul sticlei, faceţi-i o spirală.

Pentru încărcarea buteliei cu electricitate, se leagă armătura exterioară de staniol cu un lănţişor sau se ţine cu mîna, iar cealaltă armătură interioară, cu sfera se atinge de unul din polii maşinii electrostatice. Aceasta se cheamă că butelia a fost încărcată prin influenţă, ea neproducînd electricitate, ci numai o acumulează.

Bateria de condensatoare ţine locul unui condensator de capacitate mai mare care oferă la descărcare scîntei sau alte efecte mai puternice. Pentru aceasta se folosesc patru butelii legate în paralel (Fig. 2.2 a). Cele patru butelii se construiesc după indicaţiile de mai

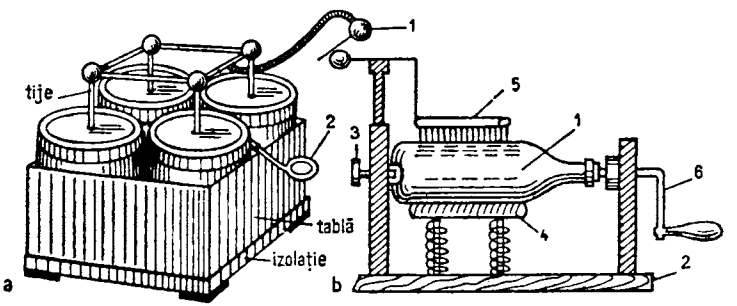


Fig. 2.2. Dispozitive pentru electrostatică: a — baterie de 4 butelii de Leyda,; b — maşină electrostatică construită dintr-o sticlă.

înainte, fie din sticle, fie din pahare sau borcane, neapărat de culoare transparentă (albă) deoarece sticla colorată conţine oxizi metalici şi nu e prea izolantă. Buteliile, legate ca în figura 2.2 a, se aşează într-o cutie metalică sub care se lipeşte o scîndură cu puţin sacîz topit sau cu clei. Apoi se lipeşte sub fiecare colţ al scîndurii cîte o fîşie de cauciuc spre o mai bună izolare a bateriei. Punctele de contact dintre sferele buteliilor vor fi cositorite. Încărcarea se face prin cele două conductoare de legătură 1 şi 2, iar descărcarea prin scurtcircuitarea lor, cu excitatorul.

CONSTRUIŢI UN GENERATOR ELECTROSTATIC

Cu ajutorul unor maşini electrostatice pot fi obţinute continuu sarcini electrice, nu intermitent ca pînă acum. Cu asemenea generatoare, ca cele descrise mai jos, se pot face multe experienţe interesante chiar în micul laborator al amatorului.

Sticla-generator de electricitate vă va oferi satisfacţia completării trusei voastre electrice cu o piesă importantă. O miniuzină electrică cu care veţi obţine aceleaşi rezultate ca în cazul unei baterii de acumulatoare, unei centrale electrice sau a oricărei alte surse de curent. Datorită lucrului mecanic pe care-l efectuăm învîrtind butelia cu manivela (fig. 2.2 b), va apare energia electrică.

Deci, conform figurii 2.2 b este necesară o butelie de sticlă albă, cu fundul adîncit, spre a putea fi montată între cele două lagăre pe un postament de lemn (2) avînd dimensiunile 300 mm×150 mm×30 mm.

Se confecţionează o piesă de lemn tronconică care se fixează în adîncitura sticlei. Fixarea se face cu ceară, sacîz sau parafină topită şi turnată în scobitura sticlei, după ce aceasta a fost umplută cu apă, pus dopul şi răsturnată cu gîtul în jos, spre a nu se sparge de căldură. În piesa tronconică se face o mică adîncitură în care va intra axul 3 pe care se va roti butelia.

Celălalt capăt al axului (6) este fixat rigid cu ceară în gîtul buteliei care se va învîrti cu manivela cu mîner izolat neapărat.

Menţionăm că în locul buteliei de sticlă albă poate fi folosit un borcan de iaurt sau un tub de sticlă cu diametrul de 70—80 mm şi lung de 100 mm, sau chiar o sticlă de lampă, punîndu-i la capete dopuri de lemn parafinate sau lăcuite.

Perniţa (4) fixată sub butelie este acoperită cu piele, mătase sau flanel. Pentru a fi bine apăsată pe sticlă, perniţa este fixată pe două bare de lemn, care se mişcă în sus şi în jos în două tuburi de sticlă lipite cu adeziv de postament. În jurul tuburilor se răsuceşte cîte o spirală de sîrmă care apasă bine perniţa de piele pe sticlă.

Paralel cu butelia, se fixează pieptenele (5) confecţionat fie dintr-o bucată de lamă de fierăstrău cu dinţi de care s-a lipit o sîrmă, avînd o sferă la capăt, fie dintr-o mică bară de care se lipesc cu cositor mai multe ace cu gămălie, scurtate la jumătate şi folosind partea cu vîrf.

Învîrtind butelia cu manivela (6), prin frecare ea se încarcă cu electricitate pozitivă, care, prin influenţă, este captată de pieptenele metalic (5) şi împinsă în sferă, de unde poate fi folosită continuu, la orice fel de experienţe

de electricitate statică. Electricitatea negativă, separată în vergeaua de metal, se scurge pe butelie şi neutralizează electricitatea pozitivă a acesteia, care, ajungînd la perniţă, o încarcă din nou cu electricitate pozitivă.

Maşina electrostatică cu disc prezentată în figura 2.3 seamănă într-adevăr cu maşinile de acest gen din laboratoarele şcolare, deşi este uşor de confecţionat. În schiţă se dau detaliile constructive cu cotele pieselor ce o compun în mm şi modul lor de asamblare, astfel încît le menţionăm doar.

Discul 1, de sticlă sau plexiglas (sticlă organică) de 5 mm grosime, se poate prelucra, în primul caz, de un geamgiu, iar cel de plexiglas, cu ferăstrăul de traforaj, şlefuindu-l apoi. În locul plexiglasului se poate folosi un disc vechi de patefon şlefuit de şanţuri pe ambele feţe.

Suporţii (5) cît şi placa de bază se confecţionează din scîndură uscată de 15 mm grosime.

Manivela cu care se roteşte discul are mînerul izolat cu un tub de ebonită sau plexiglas, iar axul discului va fi din sîrmă de fier de 4—5 mm grosime, care poate să fie o prelungire a manivelei.

Discul se freacă, de o parte şi de alta, de

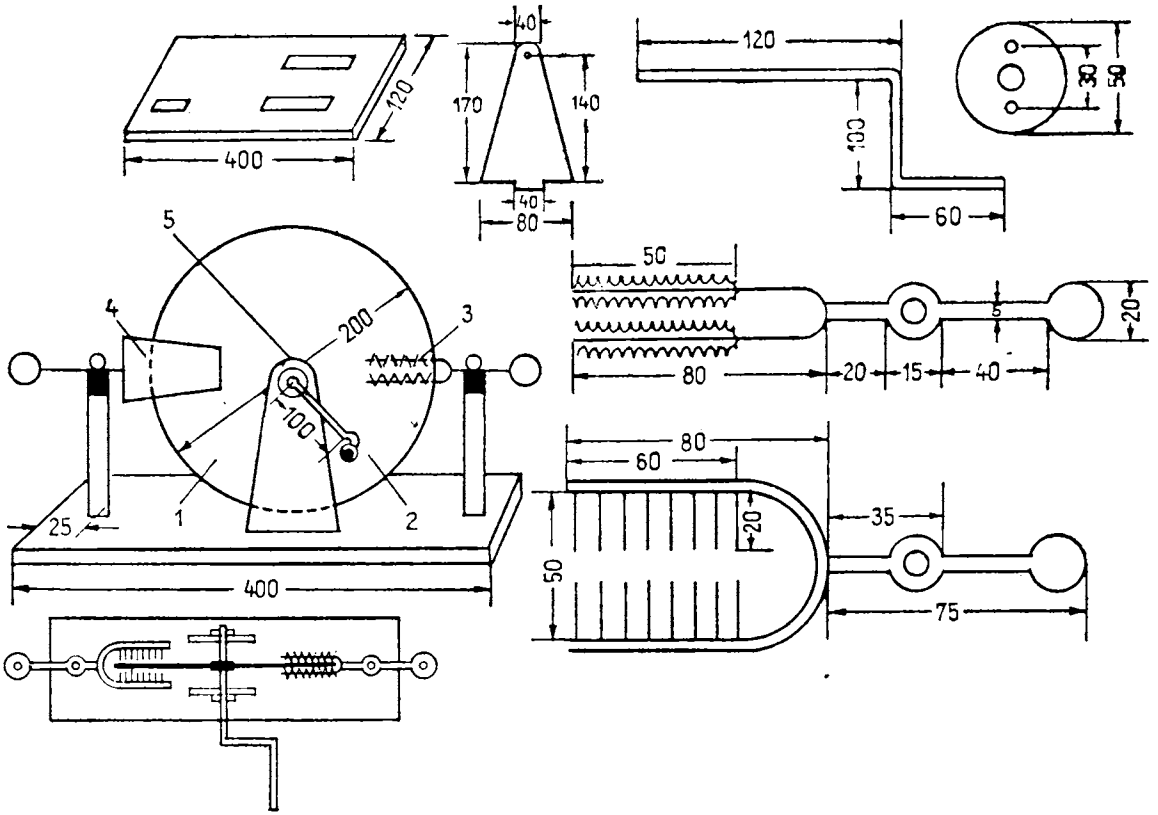


Fig. 2.3. Maşină electrostatică cu disc rotitor.

două perniţe de blană animală sau material de lînă (3). Electricitatea produsă prin frecarea discului de cele două perniţe provoacă, prin influenţă, în bila de la capătul pieptenului (4) sarcini de acelaşi semn cu cele formate pe disc.

Pentru a confecţiona pieptenul, se taie o bucată de tablă (preferabil de alamă) la dimensiunile unui dreptunghi cu baza de 160 mm şi înălţimea de 50 mm, pe care îl veţi îndoi în formă de U (vezi fig. 2.3). Lipiţi de curbura piesei o tablă cu o sferă la un cap, iar la mijloc găuriţi tabla pentru a o fixa de suport. Urmărind figura, lipiţi la marginea fiecărui braţ cîte şapte bucăţele de sîrmă, lungi de 20 mm şi ascuţite la un capăt (eventual, ace de gămălie scurtate).

Se va lăcui postamentul şi partea de lemn, apoi se lasă să se usuce blana lipită şi... puteţi pune maşina în funcţiune. Se va controla ca perniţele de blană să apese pe disc cu aceeaşi presiune. Cum funcţionează maşina cu disc?

Prin frecarea discului de perniţe, acesta se încarcă cu electricitate negativă, electrizîndu-se şi perniţele care freacă discul, împreună cu bila din capătul lor, dar cu sarcini de semn contrar celor de pe disc.

Prin rotirea discului, sarcinile electrice de pe el vor acţiona asupra pieptenelui, separînd sarcinile conţinute de acesta. Astfel în apropiere de disc vor apare pe piepten sarcini pozitive, iar pe bilă sarcini negative. Cele două sfere, deci, vor fi încărcate; cea a perniţei de blană, cu sarcini pozitive, iar cea a pieptenelui metalic, cu sarcini negative.

MII ŞI MILIOANE DE... VOLŢI!

În experienţele pe care vi le propunem în continuare ştiţi că veţi lucra cu... înaltă tensiune? Chiar şi pînă acum, folosind pieptenul, bagheta, electroforul, aţi lucrat cu tensiune de peste 20 000 Volţi. Scînteile albastre, observate în întuneric, au la bază tot un curent de înaltă tensiune. Şi cum de nu ne curentează? Datorită slabei energii electrice obţinute prin frecare şi prin influenţă. Este adevărat, însă, că un fulger pune în joc tensiuni şi intensităţi foarte mari, dar pe o durată scurtă. Să vedem cît ar costa un fulger care are următoarele caracteristici: tensiunea = 50 milioane de Volţi; Curentul = 1 000 Amperi; durata = 1/5 000 s.

$$\text{Costul} = \frac{\text{tensiunea} \times \text{curentul} \times \text{timpul}}{1000} \times 1{,}30;$$

Cînd considerăm costul unui kWh = 1,30 lei şi că ora are 3 600 secunde atunci Costul =

$$= \frac{50 \cdot 10^6 \cdot 10^3}{10^3 \cdot 36 \cdot 10^2 \cdot 5 \cdot 10^3} \times 1{,}30 = 3{,}60 \text{ lei},$$

rotunjit 4 lei.

Cu toate că energia naturală, sub forma tensiunilor înalte, este foarte ieftină, în laboratoare, astfel de energie devine destul de scumpă.

În laboratoarele de acasă, pe voi însă nu vă costă nimic, deoarece energia de rotire a maşinilor electrostatice o furnizaţi personal, astfel încît puteţi efectua oricînd experienţe şi construcţii simple şi instructive cu electricitate statică.

Obiecte zburătoare electrice. Electrizaţi o baghetă de sticlă sau de material plastic prin frecare şi apropiaţi-o de o scamă de vată bine scărmănată; veţi observa că ea se lipeşte de

baghetă. Ridicaţi bagheta deasupra capului şi apoi coborîţi-o brusc. Vata se va desprinde, datorită inerţiei şi rămîne suspendată în aer. Apropiaţi din nou uşor bastonul cît mai aproape de vată, pînă ce aceasta intră în cîmpul electrostatic şi veţi vedea cum ea va urmări la oarecare distanţă bagheta electrizată, dansînd în aer (fig. 2.4).

Explicaţia o cunoaşteţi: Vata şi bastonul fiind încărcate, prin contactul de la început, cu acelaşi fel de sarcină electrică (negativă dacă lucrăm cu ebonită), cele două obiecte se vor respinge, astfel încît vata va învinge gravitaţia (fig. 2.4 a).

Balonul de cauciuc obişnuit, umplut cu aer, frecat cu o hîrtie albă, uscată şi încălzită, se electrizează atrăgînd mici bucăţele de foiţă. Electrizîndu-l pe întuneric, veţi observa după cîteva minute că se produc scîntei albastre lungi de 2—3 cm. La fel, apropiind gămălia unui ac de acelaşi balon, apar scîntei. Îndreptînd spre el vîrful acului, va apare un punct luminos, datorită scurgerii curentului prin efluvii. Reuşita experienţelor constă în calitatea aerului din cameră, care trebuie să fie perfect uscat.

O altă experienţă amuzantă se face pe lumină. Frecînd balonul ca mai sus şi apropiindu-l de un fir subţire al apei de la robinet, ne surprinde că apa îşi schimbă direcţia, curgînd afară din cuvetă, deoarece e atrasă de balon. (fig. 2.4 b).

Dacă puteţi procura două baloane, legaţi-l pe fiecare cu cîte un fir de mătase lung de aproape un metru. Apucînd cele două fire în mînă, ţineţi baloanele suspendate şi rugaţi pe cineva să le frece cu o hîrtie uscată. Dacă aşezaţi palma între ele, veţi vedea că ambele baloane se apropie de palma care le desparte. Scoţînd mîna, baloanele se resping unul pe altul şi fiecare se ciocneşte de obiectele din casă şi apoi se depărtează de ele. De ce? Fiindcă cele două baloane erau electrizate pozitiv, iar mîna — negativ şi le atrăgea. În al doilea caz obiectele se electrizează prin influenţă de la balon cu sarcini de acelaşi semn şi apoi se resping.

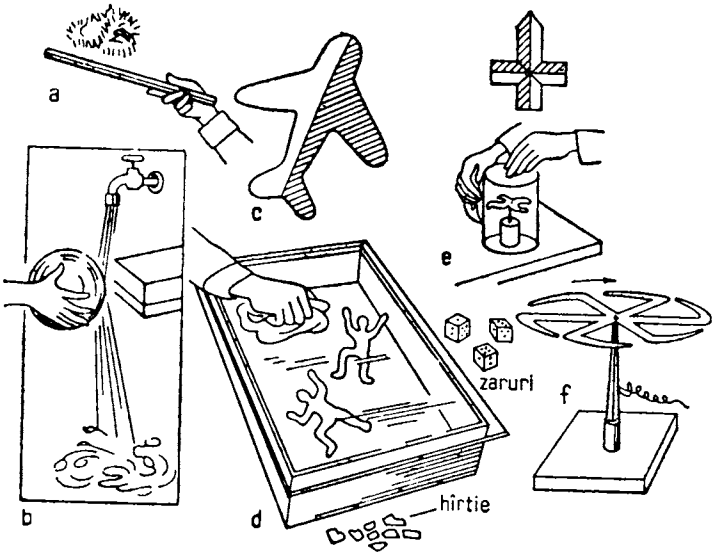


Fig. 2.4. Experienţe simple: a — vata zburătoare; b — balonul curios; c — avion electrostatic; d — dansatorii electrici; e — morişca; f — morişca electrică.

Pe suprafaţa mare a baloanelor se depun sarcini electrice apreciabile, fapt care determină şi electrizarea prin influenţă a obiectelor corespunzătoare.

Avionul electrostatic desenat în figura 2.4 c, se confecţionează dintr-o foaie de staniol sau aluminiu foarte subţire. După aceea se electrizează cu o baghetă de ebonită sau material plastic, frecată de o blană. Avionul va fi atras la început, apoi respins de baghetă. Puteţi să faceţi avionul să zboare mult timp, conducîndu-l atent prin cameră cu ajutorul baghetei. Explicaţia

este aceeaşi ca la vata zburătoare. Atenţie la avion! Trebuie să nu prezinte colţuri, iar atmosfera să fie cît mai uscată.

Dansatorii de hîrtie şi zarurile curioase sînt nişte aplicaţii amuzante bazate pe atracţia şi respingerea sarcinilor electrice (fig. 2.4 d).

Folosiţi o cutie de lemn, nu importă dimensiunile, doar înălţimea ei să fie de 4—5 cm, a cărei suprafaţă interioară o veţi căptuşi toată cu o foiţă de staniol. Capacul cutiei se face din sticlă sau material plastic transparent (celuloid, plexiglas).

Tăiaţi din hîrtie subţire cîteva figurine, pe care le coloraţi diferit şi le introduceţi în cutie, punînd capacul. Foiţa de staniol formează partea negativă a cutiei.

Veţi vedea că, de îndată ce frecaţi capacul cutiei cu o stofă de lînă sau cu o cîrpă de mătasă, dansatorii de hîrtie încep să sară în mişcări dezordonate.

Şi în acest caz, sticla, electrizîndu-se pozitiv, face ca figurinele, prin influenţă, să se electrizeze negativ pe partea învecinată cu capacul şi sar atingînd capacul, de la care apoi se electrizează pozitiv, ceea ce face să fie respinse de capacul încărcat tot pozitiv. Jocul se repetă de cîte ori frecăm capacul pentru a-l electriza.

O experienţă asemănătoare puteţi face cu bucăţele de hîrtie şi veţi vedea cum unele dintre ele ating capacul, apoi cad, iar altele mai grele se saltă puţin şi revin la loc.

O ultimă aplicaţie cu această cutie năzdrăvană este cea cu zarurile. Dacă puteţi, procuraţi puţină măduvă de soc bine uscată. Tăiaţi din ea trei cuburi pe care le însemnaţi cu puncte ca la zarurile obişnuite. După introducerea lor în cutie, frecînd capacul, cuburile sînt atrase şi se lipesc de capacul de sticlă. Notînd numărul punctelor de pe faţa care se vede, veţi observa că după cîteva secunde, fără să fi atins cineva cutia, valoarea lor s-a schimbat, zarurile întorcîndu-se cu alte feţe, apoi iar se schimbă, un timp destul de îndelungat. Aici explicaţia e mai complicată puţin.

Faţa zarului care e atrasă de capac, la început se electrizează pozitiv, prin influenţă, şi va fi respinsă, dar nu de tot, apoi zarul va rămîne lipit pe o muche, pentru ca după aceea altă faţă să fie atrasă şi aşa mai departe. Zarurile îi păcălesc pe privitori.

Căluşeii în mişcare reprezintă o demonstraţie atractivă. Înfigeţi un ac de cusut într-un dop de plută mai mare. Tăiaţi dintr-o bucată de hîrtie îndoită în patru litera L de tipar. Capătul mai lung îl ascuţiţi prin tăiere. Cînd dezdoiţi hîrtia, apare o formă de săgeată ca în figura 2.4 e. Puneţi apoi săgeata de hîrtie pe vîrful acului, la îndoiturile hîrtiei şi acoperiţi totul cu un borcan cu diametrul puţin mai mare ca săgeata.

Frecînd cu o stofă de lînă pereţii paharului sau borcanului, în direcţia pe care o doriţi, veţi vedea că săgeata se roteşte ca un ac magnetic de la busolă. Dacă scurtaţi braţul mai lung al săgeţii de hîrtie şi agăţaţi apoi de fiecare braţ, cu fire de aţă, mici căluşei de hîrtie, ei se vor roti ca în manejul circului.

Aceeaşi explicaţie: atragerea prin influenţă şi respingerea corpurilor electrizate.

Pînă aici au fost prezentate fenomene care apar în mod firesc în legătură cu natura fenomenelor electrostatice. Multe exemple ar putea

fi date. Le amintim doar, ele fiind întîlnite şi la lecţiile de fizică şi prin cărţi: vîntul electric, clopoţeii, morişca electrică (fig. 2.4 f), dansul bulei, păpuşa dansatoare, alergarea bilei, clepsidra electrică, îndepărtarea inelului, discul rotitor, motor de influenţă, descărcări în vid electrice, găurirea sticlei cu scîntei, scrisul electric, aprinderea eterului, tuburi cu descărcări în gaze, raze X şi multe altele.

Încheind capitolul „Electrostatica" în care ne-am referit la studiul fenomenelor produse de sarcinile electrice în repaus, urmează să trecem la curentul electric, capitol în care ne vom ocupa de studiul mişcării sarcinilor electrice.

ELECTROCINETICA

Prin ce se deosebesc corpurile electrizate, de exemplu polii unei pile electrice, sau ai unei baterii de acumulatoare, de cele neelectrizate? Ce se petrece în conductorii metalici, în soluţiile de săruri sau de acizi, în dielectrici, în gaze cînd prin acestea se deplasează sarcini electrice? La această întrebare va răspunde capitolul „Electrocinetica" — capitol care se ocupă cu fenomenele produse sau influenţate de sarcinile electrice aflate în mişcare.

Conductibilitatea şi curentul. Toate experienţele descrise în capitolul anterior, apariţia scînteilor electrice, mişcarea acului electroscopului dovedesc deplasarea unor particule de sarcină electrică între cei doi poli ai maşinii electrice.

Într-adevăr, dacă am avea posibilitatea să privim, de exemplu, în interiorul unui fir de cupru, despre care ştim că are o structură cristalină cu spaţii în care electronii pot circula în mod liber şi dezordonat, am avea prilejul să învăţăm multe lucruri. Atomul de cupru are un singur electron de valenţă (de legătură) pe ultima orbită exterioară. La anumite substanţe, electronii stratului exterior, fiind mai puţin atraşi de sarcina nucleului, adică au un nivel de energie în eV (electroni volţi) mai scăzut, pot să părăsească atomul dacă primesc din afară o energie suplimentară şi trec pe un nivel de energie superior. Din acel moment se distruge echilibrul, electronul desprins de un atom devine „electron liber" sau electron de conducţie. Atomul care a pierdut electronul se transformă în „ion pozitiv" (ionizare).

Tot la fel, într-un conductor de cupru, fiecare atom furnizează un electron liber şi devine un ion pozitiv de cupru (Cu^+). Deoarece există un electron liber pentru fiecare ion pozitiv de cupru, conductorul în ansamblu este neutru. În mod obişnuit, electronii liberi se mişcă în toate direcţiile dezordonat. Cînd însă punem capetele conductorului în contact cu polii încărcaţi ai unei maşini electrostatice, sau polii unei surse de curent continuu, peste mişcarea dezordonată, existentă iniţial, se va suprapune o mişcare dirijată a tuturor electronilor din conductor, producînd un flux continuu de electroni, denumit curent electric.

Curentul electric poate fi definit ca o deplasare a unor purtători de sarcină într-o anumită direcţie, dirijaţi de un cîmp electric. Aceşti purtători de sarcini pot fi particule subatomice (electroni, ioni, goluri) care dau curentul de conducţie. În lichide şi în gaze, curentul electric este produs de mişcarea ionilor care „transportă" electronii, transformîndu-se în atomi.

Starea în care se află un corp străbătut de un curent electric de conducţie se numeşte stare electrocinetică. În mersul său printr-un conductor, fluxul de electroni este mai mult sau

mai puțin frînat în funcție de natura materialului respectiv și, în final, de nivelul de energie al ultimului strat de electroni aflați pe orbita exterioară a atomului. Fiind vorba de noțiuni puțin abstracte nu pot fi explicate pe înțelesul tuturor, fără a face uz de termenii adecvați și uzuali azi în știință.

Iată o întrebare mai concretă: prin ce se deosebesc diferitele corpuri între ele din punct de vedere electric? După ce cunoaștem structura atomului ne este ușor acum să răspundem:

— Materialele bune conducătoare de electricitate sînt alcătuite din atomi a căror orbită exterioară conține mai puțin de 4 electroni periferici liberi ce se pot atașa atomilor vecini. Este cazul metalelor: aluminiu, alama, cuprul, aurul, plumbul, mercurul, argintul și cositorul.

— Semiconductoarele sînt materiale a căror conductibilitate electrică se situează între cea a unui izolator și a unui conductor si creste la ridicarea temperaturii. Este cazul germaniului si al siliciului, ai căror atomi au pe orbita exterioară 4 electroni liberi (sînt tetravalente).

— Materialele izolante (dielectrice) nu conduc practic curentul electric (sînt solide, lichide și gazoase). În interiorul lor nu există sarcini electrice (electroni sau ioni) libere. Dielectrice sînt: aerul, sticla, hîrtia, lemnul uscat, ceramica, asbestul, cea mai mare parte a materialelor plastice, cauciucul, apa pură (distilată) etc. Orbita exterioară a atomilor din materialele dielectrice conține mai mult de patru electroni, dar refuză cedarea lor altor atomi învecinați.

Notă. Conductoarele electrice obișnuite sînt confecționate din cupru și aluminiu foarte dur, avînd o bună conductibilitate. Argintul are conductibilitatea cea mai bună, motiv pentru care a fost ales ca etalon dintre toate metalele (100).

Conductibilitatea electrică variază totuși pentru cele mai multe materiale odată cu temperatura. În general, ea descrește la cele bune conducătoare, odată cu creșterea temperaturii. Excepție fac cărbunele și electroliții, a căror conductibilitate crește odată cu ridicarea temperaturii în timp ce rezistivitatea* lor descrește.

Circuitul electric

Noi știm că se poate obține curent electric și de la alte dispozitive decît mașina electrostatică. Cine nu cunoaște bateria pentru lanterna de buzunar cu cele două lamele? Lama cea mică formează polul pozitiv iar cea mare, polul negativ. Știm și faptul că negativ înseamnă exces de electroni, iar pozitiv — lipsă de electroni. Pentru a echilibra sarcinile între cei doi poli ar însemna ca electronii de la polul negativ să treacă la polul pozitiv. Dar pe ce cale? Îi trebuie un conductor metalic. Legarea directă a polului negativ de cel pozitiv nu se recomandă, astfel că se mai intercalează un bec, de pildă, drept consumator de electricitate. Acest sistem de elemente prin care se deplasează purtătorii de sarcină (electronii) se numește circuit electric.

În cazul bateriei electrice, cînd cele două borne sînt conectate prin intermediul unui circuit, ia naștere un curent, de la punctul cu po-

* Constantă de material reprezentată prin rezistența electrică a unui cub dintr-un anumit material cu latura de un metru; variază cu temperatura.

tențial mai ridicat (negativ), spre cel cu potențial mai scăzut.

Tensiunea produsă prin diferența de potențial se măsoară în Volți.

Sensul de mișcare a electronilor într-un circuit a fost ales ca sens al curentului, numai că pe vremea cînd s-a descoperit curentul electric (1820) electronii nu erau cunoscuți. Oamenii de știință de pe acea vreme nu știau încotro curge curentul electric printr-un conductor; de la negativ la pozitiv, sau de la pozitiv la negativ. S-a hotărît să se aleagă sensul la întîmplare — de la pozitiv la negativ — și așa a rămas pînă în zilele noastre. Deci sensul este ales convențional.

Astfel, putem spune și noi că, în porțiunea exterioară a unui circuit, curentul electric are semnul de la polul pozitiv (+) spre polul negativ (—) al sursei, iar în interiorul sursei (electrochimică și dinamică) de la borna negativă spre cea pozitivă, deși în realitate electronii circulă în sens invers.

S-a spus mai înainte că electronii întîmpină într-un conductor unele greutăți. Ei se ciocnesc cu atomii pe care îi întîlnesc în drum și care le opun o oarecare rezistență.

Rezistența electrică este mărimea ce caracterizează modul în care un conductor se opune trecerii curentului, ținînd cont de conductibilitate, temperatură, umiditate. Unitatea de măsură pentru rezistență este *ohmul,* denumire dată după numele savantului german George Ohm, care a studiat legile curentului electric.

Intensitatea curentului electric exprimă numărul electronilor care trec printr-un conductor în timp de o secundă și are ca unitate de măsură *amperul.*

Scheme electrice. Dispozitivele, aparatele și instalațiile electrice moderne se compun de cele mai multe ori dintr-un număr de piese atît de mare, încît descrierea legăturilor lor ar necesita un timp foarte îndelungat. Pentru a evita acest lucru se întocmesc scheme cu semne convenționale utilizate pentru elementele unui circuit. Un curent electric poate fi deci reprezentat schematic, folosind o serie de simboluri pentru fiecare element de circuit. În figura 3.1 sînt redate o parte din simboluri, întîlnite în cartea aceasta.

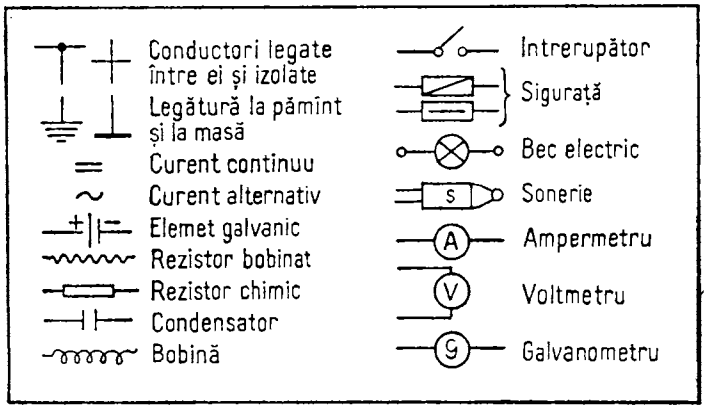


Fig. 3.1. Semne convenționale utilizate pentru elementele componente ale unui circuit

EFECTELE CURENTULUI ELECTRIC

Pe baza efectelor curentului electric s-au descoperit si folosit în practică numeroase aparate și mașini utile în toate domeniile de activitate: electrochimie, electrotermie, acționări electrice, transportul energiei electrice, radiofonia, automatizarea etc.

Aparatele care folosesc curentul electric, într-un scop sau altul, se numesc consumatoare sau receptoare.

În figura *3.2* s-a considerat o baterie B constituită din mai multe pile electrice, care debitează curent într-un circuit electric. Circuitul electric trece printr-un fir F foarte subțire, printr-un bec electric L, prin apropierea unui ac magnetic M, printr-o bobină cu miez de fier E și printr-un vas V cu apă acidulată.

Dacă se închide întrerupătorul K, curentul i începe să circule și se observă următoarele fenomene:

Firul subțire fuzibil F dintre punctele a și b se încălzește și se poate topi. Acesta este efectul termic al curentului electric.

Lampa electrică L va lumina, dînd efectul luminos. Acul magnetic se îndreaptă după o anumită direcție față de sensul curentului electric, iar miezul de fier va atrage armătura de fier A.

Apa acidulată din vasul V suferă o descompunere chimică și se observă o degajare gazoasă. Acesta este efectul chimic al curentului electric.

Dar curentul electric mai poate produce și anumite efecte fiziologice, cînd în anumite situații străbate, datorită unei instalații improvizate sau unei imprudențe, corpul uman, producînd electrocutarea, un accident electric cu urmări adeseori tragice.

Gravitatea accidentelor prin electrocutare depinde în mod esențial de intensitatea curentului care străbate corpul uman, a cărui rezistență chimică poate lua valori cuprinse între 1 000 Ω (persoane cu pielea fină și umedă) și 100 000 Ω (persoane cu pielea mai groasă și uscată).

Electrocutarea se produce, cel mai adesea, cînd o persoană neatentă atinge un conductor sau obiect metalic (aparate electronice) aflate sub tensiune, sau două fire sub tensiune.

Astfel, efectele unei electrocutări la o tensiune de 220 V curent alternativ sînt mai periculoase decît cea în curent continuu la o tensiune de 600 V.

Intensitatea curentului care străbate corpul uman se calculează cu legea lui Ohm. De pildă, pentru o tensiune de 220 V, avem în cazurile $R = 1\,000\ \Omega$ și
$R = 100\,000\ \Omega$.

$$I_1 = \frac{Uv}{R\Omega} = \frac{220\ V}{1000\,\Omega} = 0{,}22\ A = 220\ mA \text{ și}$$

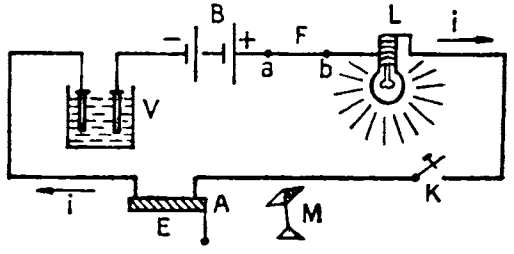
$$I_2 = \frac{220\ V}{100.000\,\Omega} = 0{,}0022\ A = 2{,}2\ mA.$$

În primul caz, pentru o persoană avînd rezistența corpului de 1 000 Ω, electrocutarea este mortală și devine periculoasă chiar de la tensiunea 50—60 V.

În cel de-al doilea caz, la 2,2 mA, persoana respectivă suferă doar o comoție.

Ca urmare, nu este permisă folosirea unor aparate electrice defecte, realizarea unor instalații improvizate, prize defecte, conductoare neizolate.

Cînd schimbați un bec electric, deșurubați siguranțele de la tabloul electric.



3.2. Efectele curentului electric

Antenele de radio, cablurile de coborîre nu trebuie montate în apropierea conductoarelor electrice şi nu atingeţi firele electrice pe stîlpi, sau cele căzute la pămînt.

Cînd se lucrează la repararea unui aparat electric, sau a unei instalaţii electrice, nu se atinge în nici un caz vreo parte a acestora pînă nu se întrerupe tensiunea şi nu ne convingem de lipsa curentului de la reţeaua electrică.

Acest lucru se face folosind un indicator pentru prezenţa tensiunii sau, cum i se spune în mod greşit, „creion de fază", care se vinde la magazinele de materiale electrice.

EFECTUL CHIMIC AL CURENTULUI ELECTRIC

Rezumînd cele spuse pînă aici, cunoaşteţi că un cîmp electric dă naştere unui flux de electroni, numit curent electric. Curentul electric, în metale, este mişcarea ordonată a electronilor de la catod spre anod. Vom vedea mai departe că în lichide şi în gaze, curentul electric poate fi produs şi de alte sarcini în mişcare — ionii.

Să vedem ce se întîmplă la trecerea curentului electric prin lichide. În acest scop vom construi un aparat pentru determinarea conductibilităţii electrice.

Electroliza. Într-un pahar de sticlă turnăm apă distilată sau apă de ploaie fiartă şi răcită. Luaţi un dop de plută sau de cauciuc cu diametru mai mare şi fixaţi în el doi cărbuni de retortă, din cei scoşi de la bateriile de lanternă, la o distanţă de 2 cm unul de altul. Lipiţi cîte un conductor electric de căpăcelul metalic al fiecărui cărbune pentru a forma un cordon de alimentare de la o baterie de 4—6 volţi, ori de la un acumulator. Bastonaşul de cărbune legat la borna pozitivă a sursei de curent continuu, desigur, se numeşte electrod pozitiv, sau anod, iar cel legat la borna negativă a sursei se numeşte electrod negativ, sau catod. Aceşti doi electrozi pot fi de cărbune sau din diferite metale şi pot avea forme de baston, placă, lamă etc. În circuitul electric se intercalează şi un bec electric pentru baterie de 4—6 V.

Faceţi legătura cu sursa de curent şi ridicaţi cei doi electrozi, fără a-i atinge cu mîna, ţinînd de dop, apoi introduceţi electrozii în paharul cu apă. Veţi observa că becul nu se aprinde şi curentul nu trece prin circuit. Dacă veţi turna puţin zahăr în apă, nici atunci nu se va aprinde becul.

După această probă întrerupeţi legătura de la sursa de curent, spălaţi bine cărbunii cu apă curată şi schimbaţi lichidul din pahar cu altă apă, în care turnaţi sare de bucătărie sau sulfat de cupru (piatră vînătă). La o nouă introducere a electrozilor în pahar, veţi constata că de data aceasta becul iluminează şi deci curentul circulă.

Concluzia acestei experienţe este uşor de dedus: apa curată nu este bună conductoare de electricitate, pe cînd soluţiile de săruri, acizi şi baze sînt bune conducătoare de electricitate.

Acest fenomen se numeşte electroliză, iar substanţele în care are loc electroliza — electroliţi. Odată cu trecerea curentului electric prin soluţii electrolitice se produc şi anumite schimbări în structura chimică a acestora. Datorită tensiunii aplicate celor doi electrozi de la o sursă de curent electric, ionii cu sarcini pozitive (care au lipsă de electroni) sînt atraşi spre catod şi se numesc cationi, iar ionii ce poartă

sarcini negative sînt atraşi spre anod şi se numesc anioni. Prin electroliză putem afla care substanţe sînt electrolitice.

Astfel, dintr-o moleculă de sulfat de cupru ($CuSO_4$) în soluţie, prin disociere electrolitică, se obţin cationi de cupru (Cu^{++}), adică un atom de cupru căruia îi lipsesc doi electroni şi anioni (SO_4^{--}). La fel, sarea de bucătărie (NaCl), la electroliză dă cationi de sodiu (Na^+) şi anioni de clor (Cl^-), adică se degajă la anod clorul, iar la catod sodiul.

Aşadar, curentul electric din electroliţi se realizează prin mişcarea ionilor: a ionilor pozitivi (anionii) către catod, iar a ionilor negativi (cationi) către anod. Electroliţii sînt deci nişte conductori ionici.

Pe acest principiu se pot face: electroliza apei acidulate cu un aparat numit voltametru, electroliza sulfatului de cupru, a clorurii de sodiu şi a altor substanţe. Interesante sînt însă aplicaţiile tehnice ale electrolizei: galvanoplastia, galvanostegia, rafinarea cuprului, prepararea hidrogenului, oxigenului şi a aluminiului.

Electroliza clorurei de sodiu (NaCl). Putem improviza un alt model de voltametru simplu dintr-un tub de sticlă în formă de U, 2 eprubete şi 2 cărbuni retortă de la o baterie de buzunar. În locul tubului de sticlă în formă de U se poate folosi o sticlă pentru felinare de vînt, deschisă la ambele capete şi plasată etanş cu smoală şi parafină topită pe un capac de lemn prin care trec cei doi electrozi de cărbune.

Vom turna în vas o soluţie de sare de bucătărie (100 gr la litrul de apă) şi cîteva picături de soluţie de fenolftaleină. După această operaţie se aşează deasupra electrozilor de cărbune cîte o eprubetă cu soluţie de sare, cu gura în jos. Lăsăm să circule pentru un timp curentul electric continuu de la una sau două baterii de buzunar (4—9 V).

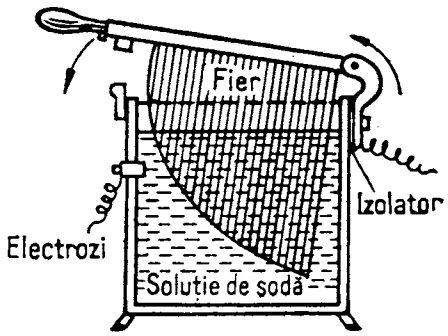
Se constată că la catod se dezvoltă hidrogen, iar la anod, după un timp, se va degaja un gaz gălbui — clorul, cunoscut prin mirosul şi culoarea sa. În acelaşi timp, se va produce în jurul catodului o coloraţie roz-roşcată care este o substanţă cu proprietăţi bazice şi denumită bioxid de sodiu (NaOH — sodă caustică). Iată cum produc chimiştii din sarea de bucătărie clor, hidrogen şi sodă caustică. Voi cunoaşteţi că soda caustică atacă pielea şi este otrăvitoare ca şi vaporii de clor, astfel încît fiţi atenţi la manipularea lor.

La fel, în timpul trecerii curentului prin apa acidulată cu acid sulfuric, se formează oxigen şi hidrogen, iar la electroliza sulfatului de cupru se depune la catod cupru, de la electrodul pozitiv (anodul) de cupru.

Aluminiul, de asemenea, se obţine prin electroliza oxidului de aluminiu (alumina) rezultat din prelucrarea materiei prime — bauxita. Din oxidul de aluminiu topit, aluminiul se strînge la catod, pe fundul cuptorului electric, de unde se scoate din timp în timp şi se toarnă în diferite forme.

Reostat cu lichid. Pentru experienţele de electricitate, pe lîngă generatoare de curent electric, aparate de măsură (galvanoscop) mai este nevoie de o serie de rezistoare variabile (reostate), cu ajutorul cărora se poate regla intensitatea curentului electric după necesităţi.

Reostatele pot fi confecţionate din conductoare solide (metale) sau lichide (soluţii de săruri sau baze).



3.3. Reostat variabil cu lichid

Un tip de reostat cu lichid este prezentat în figura 3.3. Un electrod este din tablă de fier, avînd forma de sfert de cerc și poate bascula cu ajutorul unui mîner izolat. Al doilea electrod îl formează vasul care este metalic și în el se toarnă soluția de sodă de rufe sau caustică în concentrație slabă. Se pune întrebarea: Va crește sau va descreste intensitatea curentului într-un circuit dacă vom deplasa maneta reostatului din figura 3.3, spre stînga? Știm din legea lui Ohm, că intensitatea curentului este direct proporțională cu tensiunea și invers proporțională cu rezistența. În cazul de față, prin introducerea electrodului în soluție, rezistența va scade și deci curentul va crește.

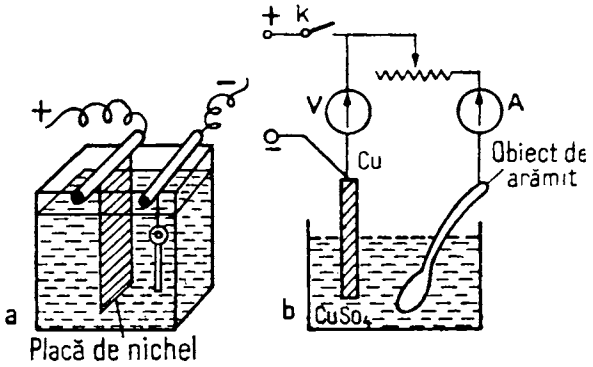


Fig. 3.4. Galvanostegie: a – nichelarea unei chei; b – arămirea unei linguri.

Galvanoplastia este operația de executare pe cale electrolitică a copiilor unor obiecte în relief. De pildă, copia unui medalion în refief se face mai întîi prin copierea lui pe ceară, prin imprimare. Pentru a face ceara bună conductoare de electricitate, ea se acoperă cu un strat subțire de praf de grafit. După aceea, cu ajutorul electrolizei, se depune pe negativul de ceară un strat de metal.

Galvanostegia este acoperirea pieselor metalice (placarea) cu diverse alte metale — obișnuite sau prețioase — pentru a le da un aspect plăcut, sau în scopul de a le apăra de oxidare și a le îmbunătăți rezistența mecanică. În practică, operația aceasta se numește nichelare, cromare, arămire, argintare, etc.

La galvanostegie (de exemplu la nichelare), piesa de acoperit cu metal servește drept catod iar ca anod servește o placă de nichel (fig. 3.4 a).

Astfel, cînd vrem să acoperim un obiect cu o peliculă de cupru (aramă), acesta va fi montat într-o baie de galvanizare ca electrod negativ (catod). Electrolitul va fi o soluție de sulfat de cupru (fig. 3.4 b) iar electrodul pozitiv (anodul) o bară de cupru. Se trece un curent continuu de la un acumulator (V=10 V și I=5A), care produce disocierea electrolitului în cupru ce se va depune pe obiectul de la catod, sub forma unei pelicule subțiri. Grosimea stratului de metal depus depinde de timpul cît a durat trecerea curentului electric.

În mod similar se pot arginta, croma sau nichela diferite obiecte metalice.

GENERATOARE ELECTROCHIMICE

De multe ori, în experiențele de electricitate ale amatorului și uneori chiar în cel al chimistului, este necesară o sursă de curent continuu. De obicei se folosesc bateriile electrice de buzunar sau mici acumulatoare electrice, cu toate că mai există și alte generatoare (electrodinamice, termoelectrice, fotoelectrice).

În jurul nostru se consumă zilnic și ies din uz numeroase baterii electrice, fie de la lanternele de buzunar, fie ale radioreceptoarelor portabile sau ale altor aparate electrocasnice. Spre deosebire de acumulatoare, care se pot reîncărca, pilele electrice sînt elemente ireversibile, la care reacția se produce, cum vom vedea, într-un singur sens, pînă ce se epuizează. Electrodul de zinc se corodează datorită sărurilor din electrolit.

Cu toate acestea, nici nu bănuiți că astfel de baterii pot fi regenerate sau că din materialele lor pot fi confecționate alte pile electrice reutilizabile cu succes. Dar, mai întîi, să facem „disecția" unei mici pile electrice, spre a putea și noi să construim altele.

Pile electrochimice. Ce se petrece într-un element galvanic? În capitolul 1 al cărții ați citit istoricul descoperirii pilei electrice de către Galvani și Volta. Coloana plăcilor de zinc și cupru, izolate între ele prin hîrtie îmbibată cu electrolit a fost prima pilă electrică (*pile* în limba franceză = teanc, coloană). Astăzi există multe tipuri de pile electrice și se cercetează încă altele noi, dar aici vom descrie doar cîteva mai des întrebuințate.

Pila Volta este alcătuită din două plăci metalice, una de zinc și alta de cupru, ambele introduse într-un vas de sticlă în care se află o soluție de apă acidulată cu acid sulfuric (H_2SO_4). Această pilă are proprietatea de a menține pe placa de zinc (electrodul negativ sau catodul) un surplus de electroni și o lipsă de electroni pe placa de cupru (electrodul pozitiv sau anodul). Lichidul din vas se numește electrolit. Capetele exterioare ale electrozilor se numesc poli sau borne. Dacă se unește polul pozitiv cu cel negativ, printr-un conductor, prin el va trece un curent electric și anume, avînd sensul de la polul pozitiv (potențialul superior) spre polul negativ (potențialul inferior). Un astfel de curent, care își păstrează mereu același sens, se numește curent continuu. Se observă că circuitul electric nu este constituit numai din conductorul exterior, ci se completează și la interior prin electrolit.

Tensiunea electromotoare a unei astfel de pile este de 1 volt și scade în timpul funcționării la aproape 0,5 V. Intensitatea curentului scade foarte mult datorită hidrogenului (sub forma unor bule de gaz) rezultat din descompunerea acidului sulfuric, care se depune pe placa de cupru, împiedicînd trecerea mai departe a curentului electric. Pentru a împiedica fenomenul de polarizare, se scoate electrodul de cupru și se curăță. Din cauza polarizării sale, pila Volta nu se utilizează în practică.

Pila Leclanché este cea mai utilizată pilă cu depolarizant. Ea conține un electrod negativ de zinc și un electrod pozitiv din cărbune, înconjurat cu un săculeț cu bioxid (peroxid) de mangan, totul cufundat într-o soluție de țipirig (clorură de amoniu — NH_4Cl). La funcționarea elementului din soluția de țipirig se degajă hidrogen, care se strînge în jurul cărbunelui — electrodul pozitiv. Bioxidul de mangan fiind un depolarizant, fixează hidrogenul, ceea ce permite circulația curentului.

Pila Leclanché are o tensiune electromotoare de aproximativ 1,5 V şi o rezistenţă internă, R de 2—4 .

În practică, astfel de surse electrochimice sînt utilizate sub formă de „pile uscate", în care soluţia de NH_4Cl a fost amestecată cu glicerină şi încorporată într-o pastă specială vîscoasă.

Din trei asemenea elemente a 1,5 V, se construiesc cunoscutele baterii de lanternă de 4,5 V.

Cei care au avut curiozitatea să demonteze o astfel de baterie, au constatat că se pot folosi aproape toate componentele ei: zincul, cărbunele şi bioxidul de mangan. Se recomandă ca aceste materiale să fie desfăcute în piese separate, curătate cu apă caldă şi păstrate pentru o nouă întrebuinţare. Cilindrii de zinc întregi, neatacaţi de electrolit, se taie în mici plăcute dreptunghiulare şi se curăţă de sulfat cu hîrtie abrazivă (smirghel), apoi se amalgamează cu o soluţie de acid sulfuric (10% în apă) şi cîteva picături de mercur. Bioxidul de mangan se spală de cîteva ori cu apă caldă şi se separă prin filtrare, apoi se usucă timp de o oră în cuptor şi se păstrează într-un borcan.

Cu această „materie primă" să construim o nouă pilă ca în figura 3.5.

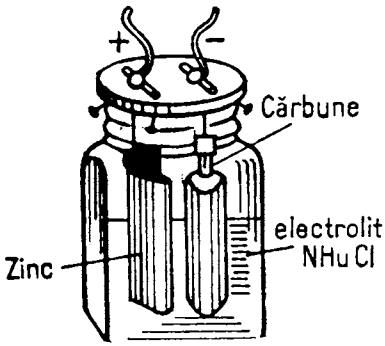


Fig. 3.5. Pilă confecţionată din elementele unei baterii uzate.

Un asemenea element este tot de tipul Leclanché, recondiţionat şi mai durabil. El este format dintr-un electrod de zinc şi un electrod de cărbune cu depolarizant. Ca electrolit se toarnă o soluţie de ţipirig în apă, 200 g la litru. Pentru a forma o baterie de 6 V, veţi folosi 4 borcane de muştar, sau de iaurt, sau pahare de apă a cîte 250 ml fiecare şi le aşezaţi ca în figura 3.7. Pentru ca electrozii să stea suspendaţi, răsuciţi conductoarele de legătură, care ies prin capacul subţire de placaj, de cîte un ac de gămălie. Înfigeţi în marginea capacului 4—5 cuie mici de tapiţerie sau ace de gămălie şi capacul nu va mai aluneca de pe gura borcanului.

Bateria aceasta durează cîteva luni, fiind de mare folos la multe experienţe în micul nostru laborator. Veţi curăţi odată pe lună plăcutele de zinc şi veţi schimba soluţia cu alta proaspătă. Toate cele 4 borcane vor fi aşezate la un loc într-o cutie de lemn sau de carton.

Pilă cu două soluţii. Este o pilă folosită la început în telefonie, ce poate fi construită uşor şi de amatori. Electrodul pozitiv constă dintr-o placă de cupru, cel negativ dintr-o placă de zinc.

Placa de cupru va fi plasată la partea de jos a vasului de sticlă şi se va susţine de gura vasului. Placa de zinc, va fi fixată în acelaşi mod deasupra celei de cupru, fără a o atinge. Se toarnă ca electrolit un amestec de o parte acid sulfuric, *turnat cîte puţin în 10 părţi apă,* două care se vor dizolva încet circa 300 g de sulfat de cupru la un litru de apă acidulată. După cîtva timp se va forma, în partea de jos a borcanului, un brîu albăstrui datorită sulfatului de cupru.

Un astfel de element voltaic va furniza o tensiune de 1 V şi 4 elemente legate în serie

pot acționa o sonerie sau aprinde un bec de 3,5 V.

Alte surse electrochimice. Pornind de la pila lui Alessandro Volta, formată din electrozi de zinc și cupru, prin cercetări, s-a ajuns azi la o serie de variante, cu electrozi din tot felul de metale obișnuite sau prețioase, cu avantajele și dezavantajele lor. Cel mai greu de învins a rămas fenomenul polarizării electrodului pozitiv. Și totuși, se pare că o sursă electrică ieftină, compactă și durabilă la care visează experimentatorii — profesioniști sau amatori — rezidă în transformarea energiei chimice în electricitate.

Amintim numai cîteva tipuri mai vechi sau mai noi.

Pila Daniel, cu electrozi de zinc și cupru și electroliți separați de sulfat de cupru și sulfat de zinc, oferă o tensiune de aproximativ 1,1 V.

Pila Bunsen are, la fel, un electrod de zinc și unul de cupru, iar electrolitul conține o soluție de apă acidulată în care se află introdus zincul și o soluție de acid azotic într-un vas poros, în care se află cuprul. Tensiunea electromotoare este de 1,9 V, dar pila este incomodă din cauza vaporilor de acid azotic pe care îi degajă.

Pilele de combustie sînt descoperiri de dată recentă. Ele sînt generatoare electrotehnice, în care energia eliberată printr-o reacție chimică este transformată direct în electricitate, cu un randament ridicat, de peste 50%. Ideea pilei de combustie datează de aproape un secol dar și-a găsit aplicarea abia azi. Aceste pile sînt alcătuite din doi electrozi metalici poroși, în contact cu o soluție bazică (KOH, NaOH) încălzită. Spre unul din electrozi se îndreaptă un gaz combustibil (hidrogen, oxid de carbon, hidrocarburi, etc.), iar spre celălalt un gaz care întreține arderea (oxigen, aer, etc.).

În aceste pile, folosite în cazuri speciale (aparatură pe rachete și sateliți), energie electrică se obține pe seama reacțiilor electrochimice care au loc în prezența electrolitului KOH.

Pentru cei interesați să construiască o astfel de pildă de combustie, dăm cîteva indicații: într-un borcan de un litru se plasează doi electrozi alcătuiți din plasă de nichel de 6 cm/10 cm, acoperiți cu pulbere metalică de platină și respectiv argint, avînd rol catalizator. Pentru aceasta, electrodul negativ se ține timp de o oră într-o soluție de acid cloraplatinic (5% în apă distilată). Se introduce apoi electrodul pozitiv (plasa de nichel) într-o soluție de azotat de argint (5% în apă distilată) pînă se acoperă cu o peliculă de argint.

Electrolitul este o soluție de KOH (hidroxid de potasiu) 5,5 g/l amestecat cu combustibil — 35 ml alcool metilic (CH_3OH) sau chiar alcool etilic denaturat. Între cei doi electrozi se plasează o foaie de hîrtie de filtru sau sugativă, spre a nu se atinge între ei.

La început, la bornele pilei va apărea o tensiune de 0,5 V și un curent I=20 mA dar, datorită polarizării, se vor produce bule de gaze pe suprafața electrodului pozitiv de argint și tensiunea scade rapid. Va trebui suflat aer printr-un tub de cauciuc pe electrodul pozitiv cu un compresor de acvarii și puterea debitată a pilei va crește de la 10 mW la 30 mW. Celula încercată și propusă de M. Andres generează curent electric prin „arderea" alcoolului în acid formic.

Identificarea polilor unei surse electrice se poate face în mai multe moduri.

1. Introduceți capetele desizolate ale conductoarelor ce vin de la o sursă electrică de mică tensiune (pile voltaice) într-o jumătate de lă-

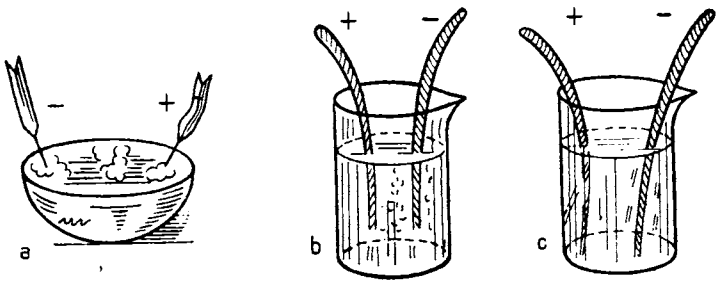


Fig. 3.6. Determinarea polilor unei surse electrice: a – cu lămîie; b, c – cu lichid.

mîie (fig. 3.6 a) şi se va observa în jurul polului negativ o mică „fierbere", adică degajare de gaze provenite de la reacţia acidului citric conţinut în sucul de lămîie.

2. În locul sucului de lămîie se poate folosi acid acetic diluat (oţet) sau acid sulfuric, procedînd ca în figura 3.6 b şi rezultatul va fi acelaşi. Dacă se toarnă în apa din pahar cîteva picături de acid sulfuric se constată, la polul negativ (catod), degajare de gaze datorită electrolizei soluţiei, pe anod degajîndu-se oxigen.

3. Turnînd în pahar sare de bucătărie şi cîteva picături de fenolftaleină dizolvată mai înainte în spirt sau în apă, se va observa înroşirea soluţiei din pahar, în jurul polului negativ, de unde se deduce că polul pozitiv este celălalt fir (fig. 3.6 c).

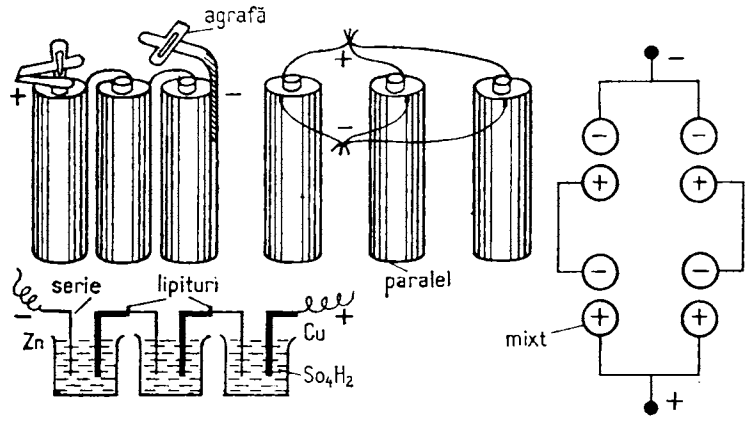


Fig. 3.7. Legarea surselor electrice: serie, parelel, mixt.

Legarea pilelor electrice pentru a obţine o baterie electrică se poate face în trei moduri: serie, paralel şi mixt (fig. 3.7).

Legarea în serie se face unind polul pozitiv al primului element cu polul pozitiv al celui de al doilea şi aşa mai departe. Tensiunea bateriei va fi egală cu suma tensiunilor fiecărui element. De exemplu 4 elemente a 1,5 V=6 V.

Legarea în paralel se face unind toţi polii negativi şi separat polii pozitivi ai bateriei. Tensiunea bateriei va fi egală cu tensiunea unui singur element, crescînd în schimb intensitatea curentului după numărul elementelor.

Legarea mixtă se face unind mai întîi în serie o grupă şi apoi celălalt grup tot în serie după care se leagă grupele între ele în paralel (derivaţie). Astfel creşte şi tensiunea şi intensitatea curentului electric.

Baterii din ce în ce mai mici. Necesităţile tehnicii moderne cer baterii din ce în ce mai mici, pentru radioreceptoare portabile, aparate de laborator, radiosonde meteorologice, etc. Viaţa unei baterii este totuşi limitată. Catodul se consumă, polarizarea împiedică circulaţia ionilor şi procesele chimice dau naştere la produse secundare nedorite.

Pila cu mercur, avînd electrodul pozitiv compus din oxid mercuric cu adaos de grafit ca depolarizant, iar electrodul negativ din oţel nichelat, imun la acţiunile chimice ale electrolitului se pare că va da rezultate bune, costul ei neîntrecînd costul unei baterii normale.

Tinerii amatori au un cîmp vast deschis în cercetarea şi descoperirea de noi surse electrochimice, în care scop am prezentat mai în amă-

nunt această problemă importantă de energetică. Iată cîteva noi sugestii de încercat şi îmbunătăţit.

Aţi observat în cele expuse pînă aici că, dintre metalele folosite ca electrozi, cuprul şi zincul sînt mai des întrebuinţate în construcţia elementelor voltaice. De asemenea, aţi reţinut că pot fi folosite drept electrolit orice sare, acid şi bază (sare de bucătărie, sucul de lămîie şi de roşii, acidul sulfuric diluat, oţetul de vin, amoniacul, sulfatul de zinc şi sulfatul de cupru). Să vedem cîteva tipuri diferite de pile electrice.

Pila Volta se realizează, după cum se arată în figura 3.8 a, foarte simplu, dintr-un „teanc" de discuri din zinc şi cupru, izolate între ele cu discuri de postav sau sugativă, îmbibate cu acid sulfuric diluat 1/10 părţi de apă. *Atenţie!* Primul şi ultimul disc vor avea sudate conductoare de legătură pentru plusul şi minusul general al elementelor înseriate. Rondelele de cupru şi zinc vor avea diametrul de 40 mm iar grosimea le 1—3 mm. Suprafaţa discurilor trebuie bine curăţată şi apoi se lipesc cu cositor, într-un punct la margine, perechi de electrozi cupru-zinc, iar între fiecare pereche se vor plasa rondele de postav îmbibate cu electrolit.

Cu 10 asemenea perechi de discuri se obţine o tensiune de aproximativ 10 V. Pentru un contact mai bun între elemente, discurile vor fi presate bine şi tensiunea lor va creşte.

Pila Volta cu ... suc de lămîie (acid citric şi tartric), este, poate, cea mai simplă dintre toate. Fixaţi 8 lame de tablă de cupru (30 mm × 6 mm), alternativ cu 8 lame de zinc de aceleaşi dimensiuni într-o jumătate de lămîie suculentă după cum se arată în figura 3.8 b. Înainte de a le fixa, lipiţi fire de legătură în serie C-Z, iar ultimelor plăcuţe C(+) şi Z(—) le veţi ataşa conductoare de ieşire la bornele cărora veţi măsura cu un instrument sensibil 4 V. Încercaţi cu un bec de 1,5 V şi 25 mA şi veţi vedea că iluminează, mai slab, deoarece, în sarcină, bateria scade la 1 V. Această baterie este pur demonstrativă, fără aplicaţie practică. Bateria se „reîncarcă" strîngînd-o în palmă, pentru a deveni mai „suculentă".

O variantă a bateriei cu suc de lămîie este pila cu suc ... de roşii sau cu ... castraveţi muraţi, din figura 3.8 c. Se ia dintr-un creion mina de grafit ca electrod pozitiv, iar dintr-un element de baterie, plăcuţa de zinc, ca electrod negativ.

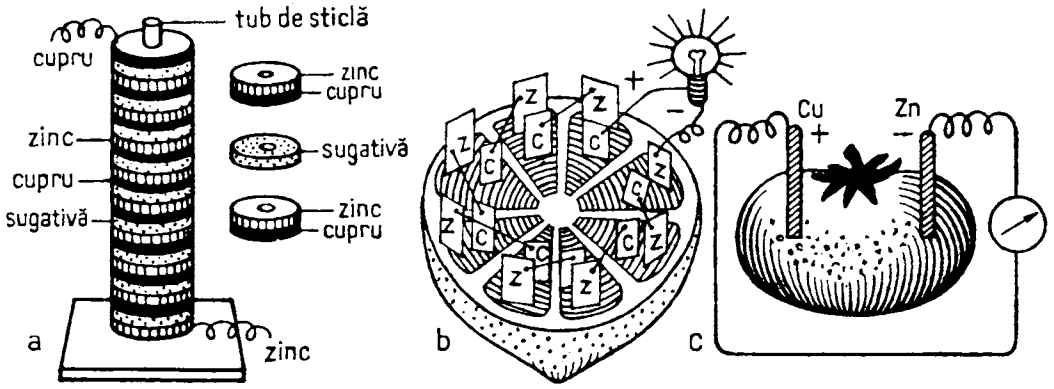


Fig. 3.8. Cele mai simple pile electrochimice: a — Volta; b — acidă; c — dintr-o roşie.

Se introduc ambele, într-o roşie sau un castravete murat. În loc de grafit se poate folosi o plăcuţă de cupru.

Măsurînd cu un galvanometru, construit cum se explică în capitolul 4 al cărţii de faţă, veţi constata prezenţa unui curent electric.

Elementul galvanic cu două soluţii prezintă avantajul unei tensiuni de regim practic stabilă pe o perioadă îndelungată: nu se polarizează şi nu se deteriorează la scurtcircuite.

Elementul este alcătuit dintr-o cutie de lemn paralelipipedic, prevăzută cu un perete despărţitor, care o împarte în două părţi inegale.

Peretele despărţitor este prevăzut la partea inferioară cu o tăietură în lungime la 2 mm de fundul cutiei, pe unde soluţia de sulfat de cupru poate circula spre celălalt compartiment la electrozii şi electrolitul folosit, care este sulfatul de zinc dizolvat în apă distilată sau apă de ploaie. Cele două soluţii — sulfatul de zinc care este incoloră şi soluţia de sulfat de cupru care are o culoare albăstrie nu trebuie să se amestece între ele şi de aceea elementul nu trebuie deplasat în timpul funcţionării. Soluţia de sulfat de cupru se formează în partea inferioară a vasului, pe cînd soluţia de sulfat de zinc pluteşte în partea superioară.

Electrozii se execută, unul dintr-o tablă de cupru la dimensiunile 10×10 cm, iar al doilea din tablă de zinc de aceleaşi dimensiuni. Pe fiecare electrod se lipeşte sau se nituieşte un conductor izolat pentru legarea sursei de consumator. Locul cositoririi trebuie bine izolat cu smoală sau parafină topită, spre a nu se coroda. De asemenea, cutia de lemn trebuie bine uscată şi apoi impregnată cu parafină sau smoală.

Se aşează electrodul pozitiv de cupru pe fundul cutiei, iar deasupra lui se pun pe cele patru colţuri distanţieri de 3—4 cm din material izolator (cauciuc, ebonită, plastic, porţelan, etc., Peste distanţieri se aşează al doilea electrod, cel negativ, de zinc.

În despărţitura cu dimensiuni mai mici se introduce sulfatul de cupru care constituie depolarizantul elementului. În compartimentul mare se introduce electrolitul: o soluţie de 5—10% sulfat de zinc, de sodiu sau de potasiu în apă distilată, apă de ploaie sau apă fiartă şi răcită. Nivelul electrolitului trebuie să depăşească cu 2—3 cm suprafaţa electrodului negativ (zincul).

Un asemenea element poate debita un curent de 1—1,5 amperi la o tensiune de 1 V.

Pentru tensiuni mai mari se poate construi o baterie formată din mai multe elemente cupru-zinc confecţionate din eprubete sau sticluţe asemănătoare de 10—12 cm lungime şi cu un diametru de cel puţin 1,5—2 cm.

Ca electrod pozitiv se foloseşte un conductor de cupru cu diametrul de 1 cm, al cărui capăt curăţit bine se îndoieşte în partea de jos în unghi drept şi peste el se pune un strat de aproximativ 2 cm de piatră vînătă (SO_4Cu). Peste acesta se aşează un strat de nisip cu granulaţie mai mare (pietriş de rîu) spălat bine şi uscat. Ca electrolit se foloseşte tot o soluţie de sulfat de sodiu sau de potasiu în apă distilată (10 g/l).

Tensiunea electromotoare a elementului este de 1 volt iar capacitatea lui depinde de dimensiunile electrozilor şi de compoziţia electrolitului. Cu cît dimensiunile electrozilor sînt mai mari, cu atît curentul debitat este mai mare.

Pilă electrică durabilă. Se realizează uşor şi poate dura 8—10 luni cu condiţia să i se adauge din cînd în cînd puţină apă şi . . . sare.

Electrodul pozitiv este format dintr-un baston de cărbune de la bateriile de lanternă cu săculeţul de peroxid de plumb cuprins într-un săculeţ de pînză închis la partea inferioară.

Electrodul negativ este un tub de cărbune, găurit în mai multe locuri, în care se introduce electrodul pozitiv (cu peroxid de plumb). Ansamblul celor doi electrozi ocupă centrul unui vas de sticlă, umplut cu grăunțe de cărbune ordinar, cernute. După aceea se toarnă peste granulele de cărbune o soluție concentrată de sare de bucătărie (NaCl), pînă la nivelul ceva mai mare decît jumătatea vasului de sticlă. Tubul de cărbune poate fi confecționat dintr-o bucată de lemn rotund carbonizat, pe care-l găuriți cu burghiul în interior și transversal.

REGENERAREA BATERIILOR USCATE

Ca elemente ireversibile, reacția în pilele electrice se produce într-un singur sens, pînă ce se epuizează. Electrodul de zinc este atacat de sărurile din electrolit și treptat se corodează.

Un element se consideră total descărcat, cînd tensiunea electromotoare scade de la 1,6 V la 0,7 V. dar practic, bateria se înlocuieste cînd tensiunea unui element scade sub 0,9 V.

Elementele uscate consumate pot fi transformate în elemente cu electrolit lichid, capabile pentru o nouă funcționare, cu conditia să aibă electrodul de zinc necorodat. Iată cîteva metode simple și rapide:

1. După ce se îndepărtează cu atenție smoala cu care sînt învelite cele trei elemente în partea superioară a bateriei, se ridică usor capacul de carton ce acoperă fiecare element.

Cu ajutorul unui ac mai gros faceti cîte un orificiu care să străbată în interiorul fiecărui cilindru de zinc. Preparati apoi o soluție de clorură de amoniu (țipirig) 25%, și o injectati cu ajutorul unei siringi obișnuite, cu ac mai gros, în interiorul cilindrului de zinc. Sînt suficiente cîteva picături din această soluție, pentru ca după vreo 20 de ore bateria să revină la tensiunea nominală. (fig. 3.9 a).

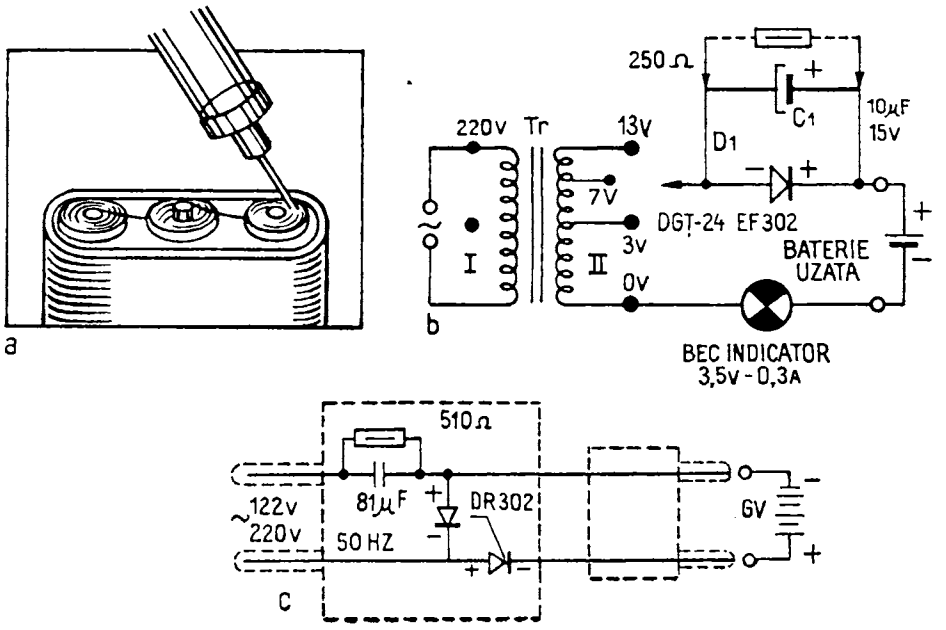


Fig. 3.9. Regenerarea bateriilor electrice: a – injectarea de electrolit; b – redresor cu transformator pentru încărcarea elementelor galvanice; c – redresor fără transformator.

Aveţi grijă să acoperiţi din nou cu smoală topită cele 3 elemente.

2. O altă metodă de regenerare a elementelor galvanice, care au cilindrii de zinc intacţi, necorodaţi, constă într-o simplă încălzire timp de 1—2 ore la o temperatură de 40—50°C pe o plită sau calorifer. Prin aceasta se reactivează pasta în care este introdus săculeţul cu depolarizant şi bateria mai poate fi refolosită.

În cazul că zincul elementelor nu e fisurat, este recomandabil să se scoată săculeţul cu cărbune şi depolarizant, să se spele cu apă fierbinte şi după aceea să fie introdus înapoi în cilindrul de zinc, împreună cu un nou electrolit, preparat din 75 g clorură de amoniu (ţipirig), 20 g sare de bucătărie, 8 g amidon şi 150 cm^3 de apă fierbinte, toate amestecate bine înainte de turnare.

3. Rezultate satisfăcătoare de reactivare a bateriilor se obţin reîncărcîndu-le de la un acumulator, la tensiunea respectivă, mărindu-le durata de funcţionare.

4. În ultimii ani s-a experimentat, cu rezultate pozitive, încărcarea elementelor şi bateriilor descărcate (nu mai mult de 40% din tensiunea nominală) cu ajutorul curentului de sens contrar curentului de descărcare al bateriei (inversînd polii), sau încărcarea timp de 12—16 ore cu un curent pulsatoriu nesimetric, obţinut printr-o redresare monoalternanţă cu condensatorul C_1 (fig. 3.9 b), care poate fi înlocuit cu un rezistor de 250—1 W.

Curentul continuu pulsatoriu este un curent continuu peste care se suprapune şi o componentă alternativă de amplitudine mai mică prin scurtcircuitarea diodei redresoare cu un condensator sau un rezistor. Becul de 3,5 V îndeplineşte rolul de stabilizator şi control al curentului de încărcare, iar pe de altă parte, indică terminarea procesului de încărcare, prin scăderea longevităţii lui. Transformatorul poate fi unul de sonerie, de 3—5 V, aflat în comerţ. Trecerea curentului prin baterie are ca efect, similar încărcării acumulatoarelor, intensificarea reacţiilor chimice şi refacerea bioxidului de mangan din depolarizant, prin reoxidarea oxizilor inferiori în procesul de descărcare al elementului.

Un redresor pentru încărcarea bateriilor epuizate cît si a acumulatoarelor este redat în schema din figura 3.9 c, care poate fi încorporat chiar în ştecher. Valorile pieselor sînt indicate pe schemă şi corespund unui număr de 3—5 elemente, cu capacitatea de 0,1 Ah şi curentul de încărcare de 8—10 mA. Durata încărcării va fi deci de 20—25 ore.

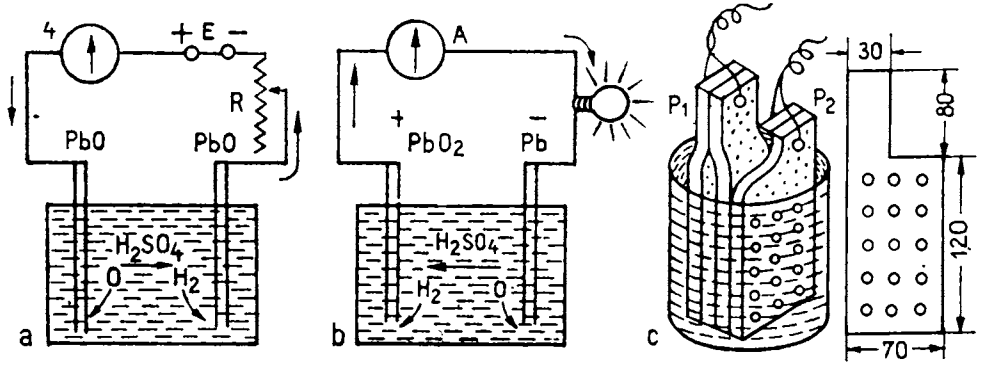


Fig. 3.10. Acumulatoare a – principiul de încărcare; b – principiul de descărcare; c – confecţionarea unui acumulator.

ACUMULATOARE

Ca principiu, acumulatoarele sînt voltametre (a nu se confunda cu voltmetre) astfel construite încît polarizarea electrozilor în timpul electrolizei să fie destul de mare. Un acumulator este, pe rînd, un receptor de energie (la încărcare) şi un debitor de energie electrică deoarece:

— ca receptor, acumulatorul înmagazinează energie electrică sub formă de energie chimică şi este deci un receptor electrolitic;

— ca generator, acumulatorul transformă energia chimică în energie electrică funcţionînd ca o pilă electrică (fig. 3.10 a şi b).

În concluzie, acumulatorul este un element reversibil în timp ce pila electrică este ireversibilă.

Deşi sînt multe tipuri de acumulatoare, în tehnică se folosesc frecvent acumulatoare cu plăci de plumb în electrolit acid, şi acumulatoare alcaline cu electrolit alcalin.

La acumulatoarele cu plumb, plăcile negative sînt confecţionate din plumb pur avînd suprafaţa spongioasă şi cenuşie iar plăcile pozitive sînt acoperite cu un strat de peroxid de plumb (oxid roşu de plumb — PbO_2). Electrolitul este acid sulfuric diluat la densitatea de 25° Beaumé (la +15°C). Pentru prepararea unui litru de soluţie cu această densitate sînt necesare 864 ml apă distilată (apă de ploaie, nu de zăpadă topită) şi 346 ml de acid sulfuric pur, care se toarnă încet în apă (*Atenţie!*) .Se va folosi un vas de sticlă pentru prepararea acidului.

Reacţiile chimice care au loc în acumulatoarele cu plumb, la încărcare, pot fi reprezentate în cea mai simplă expresie, astfel: $2\ PbSO_4 + 2\ H_2O = 2\ H_2SO_4 + PbO_2 + Pb$. Această relaţie arată că, dacă moleculele de sulfat de plumb se combină cu două molecule de apă, rezultă două molecule de acid sulfuric, o moleculă de oxid roşu de plumb şi o moleculă de plumb spongios (fig. 3.10 a).

La descărcare se leagă cei doi electrozi la un bec electric şi se constată în circuit trecerea unui curent intens invers, reacţia chimică fiind inversă faţă de cea precedentă:

$$2\ H_2SO_4 + PO_2 + Pb = 2\ PbSO_4 + 2\ H_2O.$$

Comparaţi cele două formule (de la încărcare şi descărcare) şi vă veţi da seama de ce se spune că reacţiile sînt reversibile. Acumulatoarele, deci, pot fi încărcate şi descărcate prin folosirea energiei electrice de nenumărate ori.

Amatorii pot realiza şi ei un acumulator cu plumb simplu conform figurii 3.10 c.

Tăiaţi dintr-o conductă de plumb uzată, de apeducte sau gaze, 4 plăci de dimensiunile şi formele din figură (70/200 mm). Plăcile se găuresc cu un burghiu cu diametrul de 5—6 mm, iar găurile rezultate vor fi umplute cu un amestec făcut astfel:

Placa pozitivă cu litargă (oxid de plumb o parte, minium patru părţi, acid sulfuric o parte;

Placa negativă cu litargă şase părţi, acid sulfuric o parte.

Plăcile P_1 şi P_2 se asamblează în pachet şi se vor separa prin trei plăci de lemn groase de 5 mm şi găurite, formîndu-se astfel două plăci pozitive în paralel şi două plăci negative, toate izolate una faţă de alta.

Pachetul cu plăci se pune într-un borcan de sticlă, care se umple cu un electrolit format din apă distilată, peste care se toarnă acid sulfuric în proporţia arătată mai înainte, în acest paragraf. Acumulatorul confecţionat va avea o tensiune de 2 V şi se încarcă de la o sursă de curent continuu (redresorul descris) la tensiunea

de 4 V. Formarea electrozilor se recunoaşte după culoarea plăcilor: plăcile pozitive devin de culoare brună, iar plăcile negative devin gri deschis (cenuşii). În această situaţie acumulatorul poate fi folosit la diferite experienţe de electrocinetică, după care se poate reîncărca. Se va urmări cu un densiometru concentraţia electrolitului, ca să nu se schimbe, iar nivelul să nu scadă sub nivelul plăcilor, caz în care se va completa electrolitul cu apă distilată.

Acumulatoarele alcaline se numesc astfel deoarece au drept electrolit o soluţie apoasă de hidroxid de potasiu (potasă caustică) cu densitatea de 23—25° Beaumé (greutate specifică 1,19—1,21 g/cm^3) sau soluţia de hidroxid de sodiu (sodă caustică) cu densitatea de 21—23° Bé (greutatea specifică 1,17—1,19 g/cm^3).

Pentru obţinerea unui litru de soluţie sînt necesare 270 g de hidroxid de potasiu sau 180 g hidroxid de sodiu dizolvate într-un litru de apă distilată.

Acumulatoarele alcaline sînt de două feluri: acumulatoare fără nichel (mai frecvente), avînd electrodul pozitiv construit din hidroxid de nichel cu un adaus de grafit, pentru a avea o suficientă conductibilitate electrică, iar electrodul negativ din fier cu un adaus de oxid de mercur, ambele plăci fiind introduse în cutii de fier nichelate.

La acumulatoarele *cadmiu-nichel* electrodul pozitiv este construit din hidroxid de nichel, iar electrodul negativ din cadmiu spongios cu un adaus din fier spongios.

Tensiunea electromotoare a unui acumulator alcalin este de aproximativ 1,3 V, faţă de cel cu plumb care are 2 V pe element. În schimb acumulatoarele alcaline au avantajul că sînt mai comode, au o greutate mai mică şi suportă scurtcircuite de scurtă durată. Nu se deteriorează cînd sînt lăsate descărcate, cum se întîmpla la acumulatoarele acide cu plumb.

ALTE SURSE ELECTRICE

Există tot atîtea moduri de producere a energiei electrice, cîte efecte are curentul electric: chimic, electromagnetic, termic, luminos, mecanic, etc. Alte surse de energie, mai puţin utilizate în practică se bazează pe legătura între curentul electric şi energia termică şi luminoasă, iar în prezent se fac cercetări asupra generatoarelor de inducţie electromagnetică ale căror părţi metalice în mişcare să fie înlocuite cu gaze.

În cele ce urmează vom prezenta pe scurt alcătuirea şi principiul de funcţionare a unor generatoare electrice diferite de cele obişnuite.

Termocuplul sau *termoelementul* este un dispozitiv care funcţionează pe baza sistemului termoelectric servind la obţinerea de curent electric cu ajutorul căldurii. Termocuplul este format dintr-un circuit, avînd conductoarele din două metale diferite (perechi de metale) de exemplu din cupru şi fier, ale căror capete sînt sudate sau lipite între ele.

Pentru a pune în evidenţă trecerea curentului produs prin încălzirea sudurii I, în timp ce sudura II este ţinută la o temperatură joasă, se intercalează în circuit un ampermetru.

Cum se explică funcţionarea unui termocuplu? La contactul dintre cele două metale, unul dintre ele se încarcă pozitiv, iar celălalt negativ. O parte din electroni trece dintr-un metal

în altul şi între metale apare o diferenţă de potenţial datorită încălzirii sudurii I, care produce mişcarea de electroni în sens contrar sensului cîmpului electric. Tensiunea electromotoare este mică, aproximativ 5—50 milivolţi la perechea de metale constantan (aliaj de cupru şi nichel) şi cupru, cele două joncţiuni avînd temperatura de 0°C, respectiv 300°C.

Termocuplurile se folosesc la măsurarea temperaturilor ridicate, iar un număr de termocupluri înseriate pot transforma direct energia termică în energie electrică.

Celula fotoelectrică este un dispozitiv sensibil la lumină, format din doi electrozi, închişi într-un balon de sticlă din care s-a scos aerul sau a fost umplut cu gaz inert (care nu se combină cu alte corpuri) numit argon, la presiune redusă.

Pe o parte a peretelui interior al balonului se depune un strat metalic subţire de oxid de cesiu şi de argint sau de stibiu şi cesiu. În mijlocul balonului se găseşte un inel din sîrmă subţire de nichel. Între stratul de metal şi inel se leagă o baterie de curent continuu (80 . . . 100 V), cu polul pozitiv spre inelul de nichel.

Cînd asupra balonului se îndreaptă un fascicul de raze luminoase, se constată trecerea unui curent electric prin circuitul bateriei a cărui valoare este în raport cu intensitatea sursei luminoase. Fenomenul poartă numele de efect fotoelectric.

Asemenea celulă se întrebuinţează în instalaţiile cinematografice, în televiziune, industrie, protecţia muncii ş.a.

O astfel de fotocelulă are drept electrod o placă de plumb învelită în oxid de cupru sau de seleniu (semiconductoare) şi apoi acoperită cu o peliculă transparentă metalică. La o iluminare, electronii emişi de învelişul semiconductor trec în pelicula metalică, rezultînd o diferenţă de potenţial între pelicula metalică şi placa de plumb.

Fotodioda este tot un generator fotoelectric alcătuit dintr-o diodă semiconductoare pe bază de siliciu a cărei structură poate fi iluminată. Prin legarea în serie şi în paralel a mai multor fotodiode de acest fel se obţin baterii de fotoelemente sub forma unor panouri care, primind energie luminoasă de la Soare, asigură alimentarea electrică a aparatelor de radio, calculatoarelor electronice şi chiar a unor motoare electrice.

Un centimetru patrat din acest panou conţine aproximativ 5 000 de fotoelemente ce pot furniza o tensiune de 0,5 V şi o intensitate de 25 mA, pentru încărcarea acumulatoarelor, spre a stoca energie electrică.

DOUĂ CONSTRUCŢII SIMPLE

Celula fotoelectrică permite vizualizarea transformării luminii în fotoelectricite, e drept de mică intensitate, dar avînd multiple aplicaţii în tehnică.

Construirea celulei se începe cu tăierea unui disc de aramă cu raza de 25—30 mm, căruia i se va lăsa o mică ieşitură (ureche) pentru a fi ţinut cu cleştele la prelucrare. Se curăţă apoi discul cu smirghel fin, se spală cu apă şi se continuă curăţirea cu ajutorul acidului azotic; se spală din nou şi se usucă cu o cîrpă curată.

Pentru a se forma o pătură fină de oxid de cupru (care este un semiconductor) se va ţine cîteva minute la o fl cără de spirt sau gaze, cu

partea curăţită lucios, apoi se lasă discul să se răcească. Faţa curăţită şi care a venit în contact cu flacăra rămîne acoperită cu un strat subţire de oxid negru de cupru care se înlătură cu o „lînă de fier" sau sîrmă pentru spălat vase, nouă, nefolosită, rămînînd pătura de oxid fotoactivă.

Se curăţă şi ieşitura discului, pentru a lipi cu cositor un conductor, care face legătura cu circuitul. Dintr-o vergea de lemn ceva mai groasă (20 mm), sau din carton se va confecţiona un con pe care vom înfăşura o spirală (de 10—12 spire) din sîrmă argintată pentru conexiuni radio. Spirala va fi apoi aşezată cu baza pe faţa discului de cupru care a fost curăţită şi oxidată, presînd totul cu ajutorul unei plăci de geam alb. Celula astfel pregătită va fi fixată pe o bucată de placaj.

Capătul dinspre margine al spiralei se va lăsa mai lung şi îl scoateţi afară de sub placa de sticlă, legîndu-l la polul pozitiv al sursei electrice. Se va lucra atent ca să nu atingeţi pătura de oxid de cupru cu degetele, spre a nu forma un strat izolator între oxid şi spirală. De asemenea, şi firul de sîrmă va fi curat, ştergîndu-l cu vată îmbibată în alcool, după înfăşurarea în spirală. Urechea discului se va lega la polul negativ al sursei, adică la curentul potenţiometrului.

Deoarece la expunerea celulei noastre la lumină, curentul care ia naştere între pătura de oxid şi discul de aramă propriu zis este doar de cîţiva miliamperi, se intercalează în circuit o sursă de curent continuu (40—60 V) de la un redresor.

Sensibilitatea „ochiului electric" este cea mai mare la lumina albă, fiind cel mai puţin influenţată de culoarea roşie.

Amatorii pot face diferite experienţe cu această celulă: fotoreleu, foto'elegrafie, mici automatizări, baterii solare sau amplificarea sunetului.

Fotodioda este un dispozitiv semiconductor sensibil la lumină. Dacă nu dispuneţi de o fotodiodă notată de exemplu cu iniţialele DF 2 sau DF 3 (diodă electroluminiscentă) puteţi folosi un tranzistor de orice tip aflat în rezerva voastră, pe care îl transformaţi într-o fotodiodă. Se pileşte peretele tranzistorului respectiv, în dreptul emiterului, pînă se obţine o ferestruică prin care pătrunde fluxul luminos. Principiul de funcţionare se bazează pe faptul că lumina impresionează locul joncţiunii şi modifică consumul colectorului ca o fotorezistenţă în funcţie de cantitatea de lumină aplicată.

Fotodioda sau fototranzistorul astfel confecţionat, datorită inerţiei mari a joncţiunii nu poate fi folosit la citirea pistei sonore a fluidului sau ca termometru, ci doar pentru observarea şi măsurarea unor fenomene luminoase de mare intensitate (becuri puternice, arc voltaic).

Dacă am avea curiozitatea să răsfoim cărţile de fizică apărute acum 10—15 ani, abia am găsi cîteva rînduri despre transformarea directă a căldurii în energie electrică, cît despre aplicarea practică şi perspectivele de viitor, nu se pomenea nimic.

Noile capitole ale tehnicii termo şi optoelectronice, cu alte cuvinte, folosirea termocuplurilor, a pilelor termoelectrice, a fotoelementelor semiconductoare se va situa în viitorul apropiat pe primul plan. Între fenomenele termoelectric şi optoelectronic nu există o frontieră netă, ambele fiind produse de radiaţiile electromagnetice din spectrul vizibil şi invizibil, adică de lumină şi căldură.

ELECTRODINAMICA

Marile descoperiri şi concepţiile înnoitoare privind curentul electric au pus bazele întemeierii electrodinamicii în primele patru decenii ale secolului al XIX-lea, de către Michael Faraday. Potrivit concepţiei lui, diferitele forme ale materiei şi diferitele „forţe" (forme ale energiei) se pot transforma unele în altele. Aceste puncte de vedere se opuneau ideilor greşite dominante în ştiinţa vremii de atunci, care concepea diferitele forme ale materiei şi ale energiei ca fluide speciale: caloricul, flogisticul, fluide electrice, fluidul magnetic etc., fără legătură între ele şi de naturi diferite. Dar pentru Faraday, sub diferitele aspecte ale fenomenelor, se ascundea unitatea materiei.

Sperăm că tinerii cititori, urmărind cele scrise în capitolele anterioare, şi-au dat seama despre identitatea electricităţii, că ea este una şi aceeaşi, din oricare sursă ar proveni (frecare, galvanică, termică, fotovoltaică, animalieră).

Ne mai rămîne să adăugăm ceva şi despre electrodinamică, ramură a electricităţii care se ocupă cu studiul fenomenelor interacţiilor complexe dintre sarcinile electrice şi magnetice, pe de o parte, şi materie — sub formă de cîmp electromagnetic sau de substanţă — pe de alta. Cu alte cuvinte, intrăm într-un domeniu în care vom cunoaşte experimental magnetismul, magneţii, electromagnetismul şi inducţia electromagnetică.

FENOMENE MAGNETICE

În natură se găseşte un minereu numit magnetită, care este un oxid de fier (Fe_3O_4) ce are proprietatea de a atrage bucăţele de fier. Dar proprietăţile magnetitei, aşa cum se extrage ea din pămînt, sînt destul de slabe. Pentru a obţine magneţi mai puternici s-au folosit bare de fier sau de oţel care au fost magnetizate sub influenţa unui curent electric ce trece printr-o bobină si au căpătat proprietatea de a atrage metale feroase. Aceştia se numesc magneţi artificiali.

Fierul se magnetizează mai uşor decît oţelul, dar îşi pierde această proprietate tot aşa de uşor.

S-a constatat că nu toate metalele se pot magnetiza, după cum nici nu pot fi atrase de magneţi. Fierul şi aliajele sale, nichelul, cobaltul şi alte aliaje se pot magnetiza, de unde se poate spune că substanţele care se magnetizează şi sînt atrase de magneţi, se numesc feromagnetice.

Trebuie reţinut că din fier nu putem obţine magneţi artificiali permanenţi aşa cum se obţine din oţel, aliajul alsifer şi ceramică.

Din toate acestea tragem concluzia că magnetul este un corp feromagnetic natural sau ar-

tificial, capabil să producă în spațiul înconjurător un cîmp magnetic.

Fenomenele magnetice nu se pot produce în afara cîmpului magnetic, în care se exercită forțe magnetice asupra magneților, particulelor încărcate în mișcare, conductoarelor parcurse de curent electric etc. Cîmpul magnetic ca și cîmpul electrostatic și cîmpul gravitațional sînt cîmpuri fizice, forme ale materiei ale cărei acțiuni pornesc de la un corp și se propagă din aproape în aproape, prin vibrații ale cîmpului, cu viteză finită, pînă la al doilea corp.

Deci proprietatea magneților de a atrage corpuri feromagnetice prin interacțiunea reciprocă se exercită într-un cîmp magnetic și depinde de distanța dintre magnet și substanța sau magnetul asupra căruia se exercită acțiunea.

După cum am cunoscut, clasificarea corpurilor din punct de vedere electric se face în bune conducătoare, rele conducătoare și semiconductoare. La fel, trebuie să știm de la început împărțirea corpurilor din punct de vedere magnetic:

— Corpuri feromagnetice sînt acelea pentru care magneții posedă o forță de atracție foarte pronunțată (fierul și aliajele lui, fonta și oțelul, cobaltul, nichelul și aliajele lui). Asemenea corpuri își mențin această calitate sub o anumită valoare a temperaturii lor, numită punct Curie (unitate de măsură a activității substanțelor radioactive, egală cu $3{,}7 \cdot 10^{10}$ dezintegrări pe secundă). Un magnet încălzit își pierde magnetismul.

Ferimagnetismul este o proprietate asemănătoare, feromagnetică, a feritelor (compuși ai unor metale bivalente cu oxizi de fier, cu permeabilitate mare, folosiți în miezurile bobinelor de radiofrecvență).

— Corpuri paramagnetice sînt acelea pen care magneții au o foarte mică atracție. Dea pra punctului Curie, toate substanțele ferom netice devin paramagnetice (cum sînt platii aluminiul, manganul, metalele alcaline, sărur de fier, acidul aporic, oxigenul).

— Corpuri diamagnetice sînt cele respir de un magnet, și prezintă o magnetizație sens contrar cîmpului magnetic în care se a (în general cuprul, argintul, aurul, antimoni fosforul, bismutul și supraconductoarele; confundați cu semiconductoarele).

Magneții se construiesc în mai multe forn Experiențele ne arată că la capetele unui ma net, care se numesc poli, magnetismul este n puternic, iar mijlocul, numit linie neutră, 1 prezintă proprietăți magnetice.

Dacă doriți să aveți un magnet permanent, puteți confecționa dintr-o bară de oțel pe ca o frecați cu capătul unui magnet de mai mul ori în lungul ei, numai într-un anumit sens. mișcări line și regulate. Aceasta înseamnă ma netizare prin influență. Specificăm că frecar barei de oțel se va face succesiv, mai întîi polul nord, la un capăt, apoi cu polul sud, celălalt capăt.

Un magnet permanent în formă de potcoa se poate obține cu ajutorul curentului electr care trece prin două bobine, pe fiecare fiind în făsurate cîte 200 de spire din sîrmă de cupru diametru de 0,5—0,8 mm, în sens invers. Ace sta pentru a se forma cei doi poli N—S. Ma netul se va confecționa din oțel, care se știe are în compoziția sa carbon. Cu toate că magnetizează mai greu decît fierul, păstrea în schimb magnetismul un timp mai îndelu gat. Otelurile recomandate pentru magneți pe manenți sînt cele care conțin și wolfram, c balt, nichel.

În barele de fier magnetizate, efectul durează doar atît cît magnetul este apropiat. Totuşi şi din fier moale se pot confecţiona, cum veţi vedea mai departe, miezuri de electromagneţi pentru relee, unde nu se cere un magnetism permanent. Prin bobine veţi face să treacă doar curent continuu de la un acumulator sau redresor, avînd o tensiune de 4—10 V, de intensitate mare.

Trebuie ştiut şi faptul că atunci cînd magnetizăm o bară de oţel, un ac, o lamă de oţel, fie prin influenţa altui magnet, fie prin acţiunea magnetică a curentului electric, este necesar a ciocăni uşor obiectul. Din contră, loviturile puternice asupra magneţilor, în absenţa cîmpului magnetizant, precum şi încălzirea lor, îi demagnetizează complet.

Sînt cazuri în care se cere demagnetizarea unor obiecte, benzi sau capete de magnetofon şi pentru aceasta vom descrie un demagnetizor la curent alternativ în alt capitol.

Prin ruperea unei bare magnetizate, se obţin două sau mai multe porţiuni care reprezintă fiecare un magnet cu doi poli. Magnet cu un singur pol (monopol) nu se cunoaşte încă.

Problema monopolului magnetic se studiază de multă vreme şi, prin analogie, ştim că la orice baterie, acumulator, dinam există două borne. Una este pozitivă, cealaltă negativă. Curentul electric se scurge de la una la cealaltă. De asemenea, ştim despre existenţa a două feluri de sarcini electrice: electroni (negativi) şi protoni (pozitivi). Oare există şi în magnetism sarcini magnetice cu o singură polaritate ca în electricitate? Se afirmă că nu, din moment ce fărămiţînd un magnet continuu, mereu apar doi poli: nord şi sud.

Totuşi, fizicienii sînt în căutarea sarcinilor magnetice elementare, care nu se pot despărţi de dipolul magnetic decît cu energii considerabil de mari, care nu se află decît în spaţiul cosmic. V-am prezentat o ipoteză făcută de savanţi, deoarece poate vă întrebaţi ce s-ar întîmpla dacă am fărîmiţa un magnet la infinit. Şi, mai ales, iarăşi vă întrebaţi despre interesanta analogie dintre electricitate, magnetism şi gravitaţie.

Deocamdată este demonstrat faptul că un material nemagnetic este constituit din circulaţia electronilor atomici în jurul nucleului, aşezaţi cu totul la întîmplare.

Din contră, într-un magnet, micile circuite electrice (sarcini magnetice elementare) se găsesc orientate în planuri paralele, cu săgeţile în acelaşi sens, astfel încît efectul lor magnetic se adună.

Aceasta explică şi faptul cum devine magnet fiecare parte ruptă dintr-un alt magnet, precum şi de ce se demagnetizează o bară de oţel cînd este lovită, deoarece micile sarcini magnetice elementare, care, la început, erau aşezate ordonat, revin în poziţii degradante.

Linii de forţă. Cunoaşteţi experienţa cu „potcoava şi spectrul ei" din pilitură de fier. Puteţi să repetaţi şi voi şi chiar să fotografiaţi cu un aparat foarte simplu acest spectru pe o hîrtie fotografică, pe care presăraţi la întuneric pilitură şi după formarea spectrului o iluminaţi scurt şi o developaţi apoi.

Figura ce apare se numeşte spectru magnetic şi întruchipează „linii de forţă" invizibile, care iau naştere între polii magnetului. Ele pleacă totdeauna de la polul nord şi se închid prin aer, la polul sud, formînd, în jurul magnetului, ceea ce se numeşte cîmp magnetic.

Interacţiunea magnetică. Vom descrie mai departe cel mai simplu aparat, numit ac magnetic, cu ajutorul căruia se pot studia cele

mai multe din fenomenele magnetice. El este format dintr-o jumătate de lamă de bărbierit care se poate roti liber pe un suport cu vîrf ascuţit. Pentru a-şi menţine centrul, faceţi o adîncitură exact la centrul lamei cu un dorn de oţel, apoi magnetizaţi-o, cum s-a spus mai înainte, fie cu un magnet permanent, fie cu un electromagnet în curent continuu.

Vă sînt necesare mai multe asemenea „ace" magnetice pentru diferite experienţe.

Interacţiunea magnet — magnet arată că, apropiind două ace magnetice aşezate pe un suport, ele se rotesc şi oscilează pînă cînd doi poli diferiţi ajung faţă în faţă. Deci polii diferiţi se atrag, iar polii de acelaşi fel se resping.

La fel, apropiind cele două ace magnetice cu poli de acelaşi fel, se resping, iar polii diferiţi se atrag.

Aşezînd un ac magnetic în faţa unui magnet în formă de U, acesta se roteşte pînă cînd se aşează cu vîrfurile orientate către polii diferiţi ai magnetului U.

De asemenea se constată că, dacă aşezăm pe o masă suportul cu ac magnetic şi îndepărtăm de el orice alt magnet, acul oscilează de cîteva ori, apoi se opreşte într-o anumită poziţie. Oricît l-am mişca în altă poziţie, acul revine la loc, demonstrînd că Pămîntul este un mare magnet cu doi poli şi acul va indica cu polul său sud — polul nord al Pămîntului. Denumirea polilor vine chiar de la denumirea polilor Pămîntului.

De aici rezultă că Pămîntul crează un cîmp magnetic. Meridianele geografice nu coincid cu meridianele magnetice. Unghiul format între ele, în fiecare punct se numeşte unghi de declinaţie magnetică.

Dacă nu aveţi o busolă, o puteţi improviza, fie folosind un ac magnetic pe suport, fie aşezînd un ac de cusut magnetizat, în poziţie orizontală pe un dop de plută care să plutească pe apa dintr-un vas.

După ce aţi aflat Nordul magnetic ca şi cu o busolă adevărată, procedaţi mai departe la aflarea înclinaţiei magnetice a meridianului unde vă aflaţi. Pentru aceasta construiţi un cadrul de lemn şi plasaţi un ac magnetic care să se rotească pe un ax orizontal. Orientaţi acul magnetic din cadru pe direcţia N-S pe care o indică busola noastră. Veţi observa că acul se înclină în jos. Unghiul format de ac cu o linie orizontală se numeşte unghi de înclinaţie magnetică.

Un *ac de înclinaţie magnetică,* mai perfecţionat, se poate realiza uşor. Înfigeţi cîte un bold în fiecare capăt al unui dop de plută, ca să formeze un ax, pe care îl puneţi pe doi suporţi de carton sau de tablă. În dop se mai introduce un ac de oţel pentru tricotat, pe care mai înainte l-aţi magnetizat într-unul din modurile recomandate mai înainte. De axul dopului se va fixa, la un capăt, un raportor cumpărat sau chiar confecţionat de voi, din carton.

Cu acest aparat simplu puteţi afla direct, citind pe raportor gradul de înclinaţie magnetică, observînd că polul nord al acului se înclină în jos şi unghiul format de ac cu linia orizontală, se numeşte unghi de înclinaţie magnetică.

Trebuie să ştiţi că există un punct pe suprafaţa pămîntului unde acul se aşează vertical, cu polul nord în jos (la polul magnetic), că există alt punct unde acul se aşează tot vertical, cu polul nord tot în jos (la polul sud magnetic), după cum există alt punct unde

acul se așează tot vertical, dar cu polul sud în jos. Aceasta se datorește cîmpului magnetic al pămîntului. La București, unghiul de înclinație este de 58°, 46′, 0″—60°, 28′, 4″, deci variabil, în timp.

Declinația este unghiul dintre direcția nord-sud în punctul considerat de pe suprafața pămîntului și direcția unui ac magnetic care poate să se rotească în jurul unei axe verticale, de astă dată. La București unghiul de declinație a variat în decurs de 30 de ani de la 4°, 12′, 7″ la 0°, 4′, 0″.

S-a constatat că declinația, înclinația și intensitatea cîmpului magnetic terestru sînt variabile, fiind dependente de loc, timp și așa numitele anomalii magnetice (zăcăminte de minereuri, furtuni magnetice) asupra cărora nu insistăm.

ELECTROMAGNETISM

Între electricitate și magnetism există o strînsă interdependență. Am văzut că a rămas valabilă ideea că totdeauna cîmpul magnetic se datorește mișcării anumitor sarcini electrice. De altfel, și la școală vi s-a prezentat chiar analogia circuitelor magnetice cu cele electrice.

De pildă, rezolvarea circuitelor magnetice cu ajutorul teoremelor lui Kirchoff se face la fel ca în cazul circuitelor electrice de curent continuu. Se știe că circuitul electric este un sistem fizic, caracterizat prin apariția curentului electric ca efect al interacțiunilor interne și chiar cu mediul care-l înconjoară.

Și acum iată analogia (corespondența) între un circuit electric și un circuit magnetic:

— flux magnetic fascicular	curent electric I;
— tensiune magnetică U_m	tensiune electrică V;
— Solenație N_i	tensiune electromotoare E;
— reclutanță R_m	rezistență R;
— permeabilitate μ	conductibilitate δ

Se demonstrează că într-un circuit magnetic:

Φ — fluxul magnetic reprezintă totalitatea liniilor de forță care trec printr-un circuit magnetic și se măsoară în maxwelli;

Exemplu: O bobină are 50 spire, iar prin ele trece un curent de 5 A.

Numărul de amperspire este: $AS = 50 \times 5 = 250$.

B — inducția magnetică reprezintă numărul liniilor de forță care trece printr-un cm^2 al secțiunii circuitului magnetic.

$$\Phi = \frac{1{,}25 \cdot AS}{R}$$

în care:

Φ — este fluxul magnetic, iar AS este numărul amperspirelor.

R — este rezistența pe care o opune circuitul magnetic trecerii fluxului magnetic. Ea se mai numește reluctanță și este opusul permeabilității.

Formula rezistenței circuitului magnetic se aseamănă cu rezistența unui circuit electric și anume:

$$R = \frac{1}{\mu S}$$

în care:

l = lungimea circuitului magnetic, în cm;

S = grosimea lui, în cm^2;

μ = coeficientul de permeabilitate al materialului circuitului.

Vom numi pe 1,25×AS, tensiune magnetomotoare — U şi în acest caz formula fluxului magnetic devine:

$$\Phi = \frac{Um}{R}$$

cu alte cuvinte, o formulă asemănătoare cu legea lui Ohm, pentru circuitele electrice.

De asemenea, între B — inducţia magnetică şi H — cîmpul magnetic, există următoarea legătură:

$$B = \mu H$$

Coeficientul de permeabilitate magnetică μ, conferă caracteristica corpurilor de a fi feromagnetice, diamagnetice şi paramagnetice, ultimele avînd $\mu > 1$. În vid $\mu = 1$, iar fierul, cobaltul, nichelul au permeabilităţi foarte mari, 5 000 şi mai mult.

Aceste corpuri se numesc feromagnetice ca şi oţelul, fonta etc.

Prezentarea rezumativă a analogiei electricitate-magnetism s-a făcut pentru a vă reaminti anumiţi termeni pe care îi veţi întîlni în experimentele ce vor urma.

Calea cea mai bună de a rezolva o problemă de fizică în general şi de electricitate în special, nu înseamnă numai a aplica o regulă sau o formulă învăţată.

Trebuie să-ţi aminteşti multe reguli învăţate mai înainte, să formulezi ipoteze, să le experimentezi, să interpretezi datele obţinute şi să reţii fenomenele observate.

Dar pentru a înţelege sensul unei experienţe, trebuie să clarifici tot ce observi, să verifici şi să stabileşti cauzele eventualei nereuşite, să-ţi aminteşti principiile pe baza cărora se produc fenomenele.

Antrenîndu-vă în acest fel, vă pregătiţi pentru lucrări mai importante în viitor.

În continuare, trecînd la aplicaţiile electricităţii, considerăm ştiute de la cursurile şcolare anumite reguli şi legi, pe care noi le vom enumera numai, punîndu-le în ordinea importanţei lor.

INTERACŢIUNEA CURENT — MAGNET

Confecţionaţi un inel prin înfăşurarea a 15—20 de spire din sîrmă de sonerie, pe care îl suspendaţi de un suport, astfel încît să poată oscila ca un pendul (fig. 4.1 a). Trecînd un magnet în formă de bară în apropierea inelului, cînd se leagă capetele conductorului la polii bateriei, se constată că inelul începe să se de-

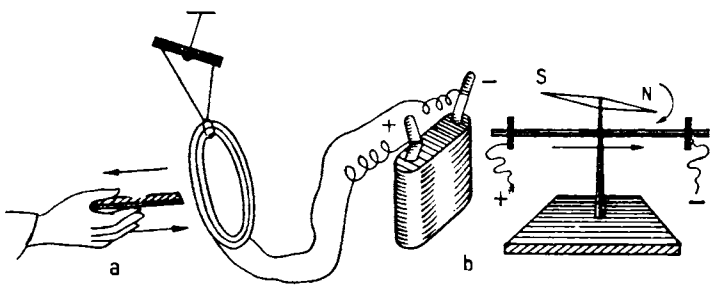


Fig. 4.1. Cîmpul magnetic şi electric: a — cîmp electromagnetic; b — acul magnetic şi curentul liniar.

plaseze într-o parte sau în cealaltă, în funcţie de schimbarea legăturii la polii bateriei.

Mişcarea bobinei se datoreşte interacţiunii bobinei electrice care acţionează ca un magnet şi bara magnetică ce pătrunde în bobină.

De asemenea, un ac magnetic (fig. 4.1 b) aşezat paralel cu un conductor liniar străbătut de un curent electric va fi deviat de la direcţia nord—sud într-un anumit sens.

Figura 4.2 a, b, c ne ajută să găsim o regulă de determinarea polilor magnetici ai unui conductor, sau ai unei bobine şi fără ajutorul acului magnetic, cunoscînd doar sensul curentului. Dacă ne imaginăm că prindem bobina cu mîna dreaptă, astfel aşezată, încît vîrfurile degetelor să indice sensul curentului (de la + la —), atunci degetul mare deschis arată polul nord al bobinei, numită solenoid.

Fenomenul acesta a fost descoperit de fizicianul danez Oersted în anul 1819. De aici s-au tras mai multe concluzii, din care amintim:

— Forţa de atracţie pe care o exercită o bobină asupra unui obiect de fier creşte atunci cînd se măreşte intensitatea curentului, odată cu creşterea numărului de spire şi atunci cînd obiectul închide miezul de fier, ca în cazul electromagneţilor de la macaralele electrice.

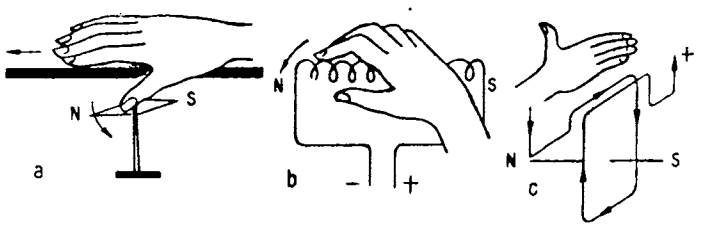


Fig. 4.2. Determinarea polilor bobinei cu ajutorul mîinii drepte: a — curent liniar; b — curent prin solinoid; c — curent într-un cadru.

INTERACŢIUNEA CURENT — CURENT

Din observaţiile anterioare, şi anume că o bobină acţionează ca un magnet, putem deduce că două bobine parcurse de curenţi trebuie să interacţioneze între ele, aşa cum interacţionează doi magneţi.

Experienţa dovedeşte că două conductoare paralele prin care se stabilesc curenţi de sensuri contrarii se resping, iar cele prin care se stabilesc curenţi de acelaşi sens, se atrag.

Forţa pe care o exercită un conductor asupra altui conductor, se numeşte forţa electromagnetică.

Din cele expuse mai sus, tragem concluzia că între doi magneţi, între un circuit şi un magnet, sau între două circuite se produce o interacţiune al cărei efect este mişcarea.

INDUCŢIA ELECTROMAGNETICĂ

Michael Faraday a descoperit în 1831 că circuitul electric poate exercita o altfel de acţiune, în afară de mişcare, al cărui efect este apariţia curentului electric în celălalt circuit. După 10 ani de experimentări, a reuşit să producă, pentru prima dată, curenţi electrici în urma acţiunilor magnetice (fig. 4.3 a).

Aceasta a fost una din cele mai mari descoperiri în electromagnetism. Prin experienţele lui Faraday s-au pus bazele celui mai ieftin procedeu pentru obţinerea curentului electric, la orice valoare a tensiunii şi intensităţii lui.

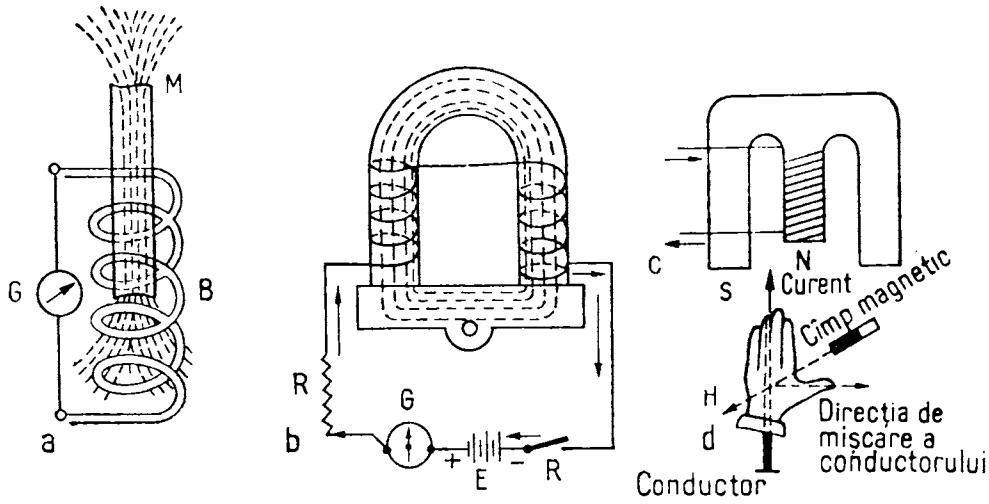


Fig. 4.3. Inducţia electromagnetică: a — într-un solenoid; b — într-un magnet în formă de U cu armătură; c — magnet cu trei coloane; d — regula mîinii stîngi.

Aplicaţiile inducţiei electromagnetice sînt multiple: electromagneţi, relee, sonerie, transformator, maşini electrice, macarale electromagnetice, aparate de măsură, aparate electrice casnice, electrotermia etc.

Oricare ar fi întrebuinţarea unui electromagnet, cea mai importantă caracteristică a lui este forţa maximă de atracţie, sau cum se mai numeşte, forţa portantă (fig. 4.3 b).

Formula care arată acest lucru este:

$$F = \frac{B^2 \times 5}{981.000 \times \Pi \times 8} \text{ Kg.}$$

unde:

B = inducţia în fier măsurată în gauşi;
S = suprafaţa de contact dintre electromagnet şi armătură.

Forţa electromagnetică este forţa cu care un cîmp magnetic acţionează asupra unui conductor străbătut de un curent electric sau asupra sarcinilor electrice în mişcare; sensul ei este dat de regula mîinii stîngi (fig. 4.3 d). Se procedează astfel: se aşează palma stîngă pe conductor cu degetele în sensul curentului I şi cu palma în aşa fel, încît cîmpul magnetic al barei magnetice să intre în palmă. Degetul mare va indica sensul forţei electromagnetice.

Ampère a demonstrat completa echivalenţă a curenţilor cu magneţii. După Ampère, magnetismul nu reprezintă fenomene independente, cîmpul creat de magneţi nefiind decît o manifestare a unor curenţi circulari, microscopici, care interacţionează cu conductorul atunci cînd sînt la o distanţă mică de el. Aceşti curenţi circulari, care trebuie să existe în interiorul moleculelor substanţei respective, sînt paraleli şi de acelaşi sens, încît liniile polilor sînt şi ele paralele. Această ipoteză emisă de Ampère a fost verificată şi îmbogăţită ulterior şi de alte descoperiri.

În concluzie, este clar astăzi, că totul se reduce la o interacţiune între curenţii electrici, care circulă prin substanţă.

Dealtfel, termenii „forță electromagnetică" și „forță electrodinamică" nu sînt decît denumiri diferite ale aceleiași forțe.

Denumirea de forță electromagnetică o întrebuințăm cînd vrem să precizăm că acțiunea care se exercită asupra conductorului este datorată curenților dintr-un magnet, iar denumirea de forță electrodinamică pentru forța magnetică ce se manifestă între conductorii străbătuți de curent electric, adică acțiunea este exercitată de curentul dintr-un alt conductor.

De exemplu, la clasificarea aparatelor de măsurat electrice, spunem aparate electromagnetice (bazate pe interacțiunea dintre un magnet și o bobină) și aparate electrodinamice (bazate pe interacțiunea dintre două bobine electromagnetice).

INSTRUMENTE ELECTRICE DE MĂSURAT

Principiul de funcționare care stă la baza funcționării instrumentelor de măsurat diferă după tipul aparatului de măsurat.

— Aparatele magnetoelectrice sau cu magnet permanent se bazează pe interacțiunea dintre magnet și o bobină;

— Aparatele electromagnetice au ca principiu interacțiunea dintre o bobină fixă și un magnet;

— Aparatele electrodinamice funcționează pe principiul interacțiunii dintre două bobine parcurse de curent;

— Aparatele electrotermice se bazează pe încălzirea și dilatarea unui fir metalic la trecerea curentului;

— Aparatele electrostatice indică sarcina prin deplasarea unor plăci încărcate cu sarcini electrice.

Se pot construi asemenea aparate în forme variate, mai puțin sensibile ori mai sensibile, pentru curent continuu (magnetoelectrice, electrodinamice, electrotermice și electrostatice) precum și pentru curent alternativ (electromagnetice, electrodinamice etc.).

Pentru studiul curentului electric în experimentele voastre, este absolut necesar un instrument de măsurat, de aceea am ales în acest scop cîteva tipuri de asemenea aparate, simple și la îndemînă de realizat.

Cadrul de sîrmă orientat. Într-un vas de sticlă, se plasează pe apă acidulată, o rondelă de plută în care am înfipt două plăci: una de cupru și alta de zinc, ce au la capete un conductor de cupru în formă de dreptunghiu. Deci e vorba de o pilă electrică ... plutitoare. Vom observa că dispozitivul nu stă în orice poziție îl vom așeza, ci întotdeauna se va orienta perpendicular pe meridianul pămîntului, întocmai ca un ac de busolă: o față a inelului se comportă ca și cum ar fi polul nord al magnetului și deci este atras de polul sud al pămîntului, iar cealaltă față, ca și cum ar fi polul sud al magnetului. Cauza o știți din cele scrise mai înainte.

Bobina se comportă ca un magnet permanent și se dovedește echivalentă curenților magnetici.

Acțiunea unui magnet asupra curentului. Folosind aceeași instalație de mai sus, căreia îi adăugăm de data aceasta un magnet permanent (care înlocuiește cîmpul magnetic teres-

tru), paralel cu conductorul plutitor, se va observa că în orice poziţie am mişca dispozitivul pe soluţia acidă, el tinde să se aşeze perpendicular pe bara magnetică.

Multiplicator de cîmp magnetic. Construim din sîrmă de cupru, bobinată pe o carcasă de carton dreptunghiulară, un dispozitiv numit cadru electric. Un ac magnetic aflat în interiorul cadrului, va fi influenţat de cîmpul magnetic ale fiecăruia din cele patru laturi ale cadrului. Devierea acului magnetic va fi mai mare decît în cazul cînd asupra lui ar acţiona doar o singură porţiune din circuit. Se constată că toate cele 4 laturi ale cadrului au tendinţa să dirijeze polul nord al acului magnetic în acelaşi sens, deoarece cele patru acţiuni (cîmpuri) magnetice se adună.

Acest dispozitiv, denumit multiplicator, întăreşte acţiunea cîmpului magnetic din centrul bobinei, depinzînd de intensitatea curentului şi numărul de spire înfăşurate, care poate fi între 100—500 spire, din sîrmă de cupru de 0,3—0,5 mm, izolate cu email.

Galvanometrul pe care vi-l propunem a-l construi, este cel mai simplu dispozitiv de verificare electrică. El constă dintr-o busolă sau o bucată de fier magnetizat, asupra căreia acţionează un cîmp magnetic, creat de curentul care circulă printr-o bobină înfăşurată în jurul unei cutii rotunde sau patrate. Conductorul bobinei este din cupru izolat, avînd diametrul de 0,2—0,5 mm. Se vor înfăşura 100—150 de spire, strîns, spre a nu acoperi acul magnetic. Se obţine astfel un multiplicator de cîmp magnetic.

La folosirea acestui galvanometru pentru punerea în evidenţă a unui curent electric de la o sursă, se va roti lent busola, astfel încît acul magnetic să se aşeze în acelaşi plan cu bobina, deci sub ea, şi apoi se va face legătura la circuitul de măsurat. Este necesar a îndepărta orice corp de fier sau magnet de galvanometru.

Galvanometrul-busolă este un instrument foarte sensibil, încît, lipind la capetele bobinei o bucăţică de tablă de cupru şi alta de zinc şi introducîndu-le în zeama unei lămîi, acul va devia, indicînd prezenţa celor mai slabi curenţi electrici.

Dacă se vor bobina 50—70 spire din sîrmă de cupru, cu diametrul de 0,5—0,8 mm şi izolată cu email, instrumentul se poate utiliza ca ampermetru, pentru măsurarea intensităţii curentului electric. Dar instrumentul poate fi folosit şi ca voltmetru, bobinînd şi montînd pe busolă o altă carcasă cu 1 000—2 000 spire din sîrmă de cupru cu diametrul de 1 mm, izolată cu email.

Etalonarea gradaţiilor aparatului o veţi face măsurînd întîi cu alt aparat, gata etalonat de fabrică. Mai menţionăm că, fie ca ampermetru, fie ca voltmetru, acest aparat nu funcţionează decît la curent continuu (Vezi clasificarea de la „Instrumente electrice de măsurat"). În curent alternativ acul magnetic nu se va mişca, datorită inerţiei, astfel încît instrumentului i-ar fi necesar un mic element redresor.

Realizarea electromagneţilor. Am văzut mai înainte că o bobină parcursă de un curent se comportă ca un magnet, deoarece, apropiată de un ac magnetic suspendat, îl face să devieze; dar o astfel de atracţie nu se produce decît atîta timp cît circulă curentul prin bobină.

Dacă, în interiorul solenoidului, introducem o bară de oţel călit (daltă, şurubelniţă), ea se va magnetiza, şi, lucru curios, magnetismul va persista şi după întreruperea curentului. Cu

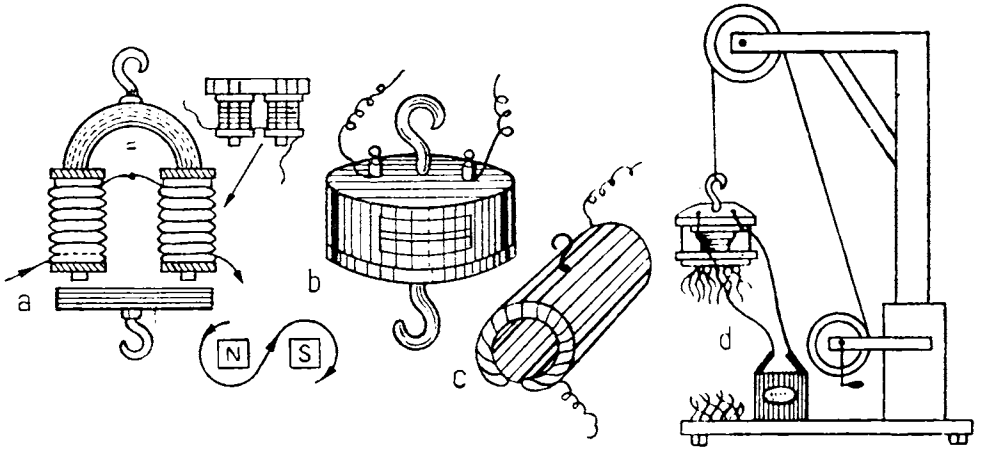


Fig. 4.4. Electromagneţi: – în formă de L; b – circular; c – potcoavă; d – model de macara electromagnetică.

un curent electric intens, provenind de la o baterie de acumulatoare, se obţine o magnetizare energică şi permanentă a pieselor de oţel, aşa cum se fac magneţii şi în industrie.

Dacă, în locul unei piese de oţel, se introduce în bobină o bucată de fier moale, se va observa că magnetismul durează doar atîta timp cît trece curentul prin înfăşurare şi dispare odată cu întreruperea curentului electric: astfel se poate realiza un electromagnet folosibil la un mare număr de experienţe.

Electromagneţii au o largă întrebuinţare în electrotehnică: la sonerii electrice, aparate telegrafice şi telefonice, relee, aparate de măsură, macarale electromagnetice etc.

Căutaţi la fiare vechi o bucată de fier moale, care să se îndoaie uşor, rotundă, avînd diametrul de 5—10 mm şi lungă de 150—200 mm. Îndoiţi baza rotundă în formă de U şi pregătiţi sîrmă izolată cu email sau bumbac, cu diametrul de aproximativ 0,8 mm.

Înfăşuraţi, fie direct pe bară, fie pe carcase rotunde de carton, cîte patru straturi de sîrmă, izolate între ele cu hîrtie, pe fiecare braţ al electromagnetului. Pentru a obţine doi poli magnetici N.S., respectaţi sensul înfăşurării ca în figură.

În cazul că vreţi să bobinaţi pe carcasă de carton, atunci tăiaţi două bare rotunde de fier moale lungi de 40—50 mm şi le fixaţi în două găuri date într-o placă tot de fier moale, groasă de 20 mm, lată de 40 mm şi lungă de aproximativ 90 mm.

În afară de acest miez electromagnetic în formă de potcoavă (U), mai puteţi construi un miez de fier pentru un electromagnet puternic de tip cilindric cu care să construiţi un model de macara electromagnetică.

Electromagnetul cilindric are un miez interior, gros de 10—15 mm, pentru care se va executa o carcasă de carton ca un mosorel, cu diametrul exterior de 60 mm, în care intră miezul ce va fi îndoit în afară în formă de cîrlig.

Bobinarea se face cu conductor de aramă cu diametrul de 0,4—0,8, izolat, înfăşurînd

spiră lîngă spiră, în mai multe straturi izolate cu hîrtie între ele, pînă se obține o bobină cu diametrul exterior de 40 mm.

După bobinare, electromagnetul se introduce într-o cutie cilindrică căreia i se pune, în partea de jos, o armătură sub forma unui disc cu diametrul de 60 mm, găurit în centru pentru a introduce miezul în formă de cîrlig.

Acest electromagnet, alimentat cu un curent de 2—3 A, va avea o forță portantă de mai multe zeci de kilograme. În raport cu dimensiunile electromagnetului, se poate calcula forța portantă P în Kgf cu formula:

$$P = \frac{B^2 S}{4 \cdot \Pi \cdot 981.000},$$

în care B este inducția magnetică (aproximativ 10 000 gaussi) iar S — secțiunea miezului și a armăturii în cm^2.

RELEE ELECTROMAGNETICE

Releul este un dispozitiv cu aplicație practică a electromagneților, care închide sau deschide contacte într-unul sau mai multe circuite separate. Cu ajutorul releului putem transmite la distanță anumite comenzi mecanice.

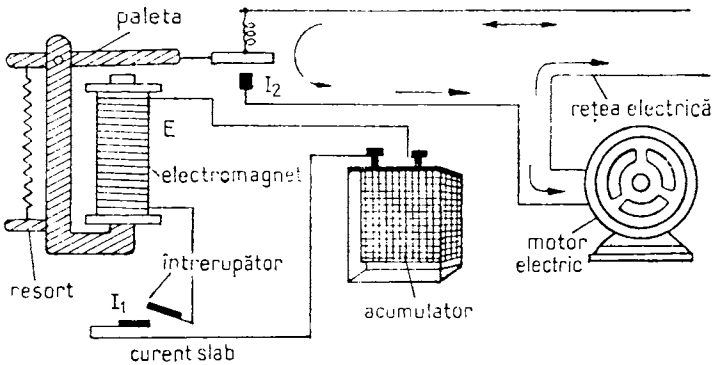


Fig. 4.5. Circuitul unui releu electromagnetic la acționarea unui motor electric.

În figura 4.5 este prezentată schema unei instalații cu releu electromagnetic în cazul pornirii și opririi unui motor electric, alimentat dintr-un acumulator. La închiderea întrerupătorului I_1, curentul electric străbate bobina electromagnetului E. Miezul de fier al acestuia se magnetizează și atrage lama elastică (paleta) L, care închide întrerupătorul I_2 și alimentează motorul electric de la rețeaua publică. Astfel, cu ajutorul unui curent slab se poate comanda de la distanță pornirea și oprirea motorului electric, așa cum se procedează în automatizarea industriei, unde releele electromagnetice au o largă întrebuințare.

Cel mai des întrebuințat releu electromagnetic este cel de tip neutru (fig. 4.6 a), la care, în lipsa curentului de acționare (în repaus), paleta este depărtată de miezul electromagnetului cu ajutorul unui resort sau o lamelă elastică de oțel. Pentru a nu rămîne atrasă de miez, paleta are fixată în centrul ei, în dreptul miezului, un nit plat din material metalic neferos — aluminiu, bronz, cupru sau alamă.

Înainte de a folosi sau construi un releu electromagnetic, trebuie să-i cunoaștem sau să-i stabilim caracteristicile principale, pentru a corespunde scopului. În termeni simplificați, se poate spune că oricare tip de releu se caracterizează prin sensibilitatea bobinei sale, prin forța electromagnetului și prin natura și numărul contactelor de lucru.

Altfel spus, caracteristicile releului electromagnetic sînt: curentul de acționare (sensibilitatea bobinei), curentul de lucru notat în miliamperi, cîmpul de acționare și revenire

(inerţia), dimensiunile, greutatea şi felul construcţiei.

Curentul de lucru se alege de 2—3 ori mai mare decît curentul de acţionare, iar timpul de acţionare şi revenire poate fi rapid sau lent, exprimat în milisecunde sau secunde. Contactele de închiderea şi întreruperea curentului se dimensionează în funcţie de puterea absorbită de sarcina comandată de releu şi trebuie să reziste la o oxidare şi la coroziunea produsă de scînteile electrice. Pentru aceasta, contactele se confecţionează din metale preţioase ca argint, aur, iar la intensităţi mari din molibden, wolfram sau aliaje ale acestora. Pentru înlăturarea arcului voltaic ce are loc la contacte se prevăd de obicei condensatoare care „absorb" scînteile.

Releul magnetic neutru (fig. 4.6 a, b) poate fi construit şi de voi cu puţină îndemînare şi răbdare. Armătura fixă 1 se confecţionează din tablă de fier de 2 mm grosime, pe care se fixează miezul bobinei prin nituire. După asamblare, armătura va fi înroşită în foc şi răcită lent în aer, nu cu apă. Aceasta pentru decălirea fierului spre a împiedica formarea magnetismului.

Carcasa bobinei se confecţionează din preşpan sau carton gros de 1,5 mm, diametrul ei interior fiind de 10 mm. Pe capacul superior al carcasei vor fi nituite contactele de lucru normal deschise (ND) ale releului, iar pe capacul inferior se vor scoate capetele conductorului bobinei. Bobinajul se face pînă la umplerea carcasei, sistem mosor, cu sîrmă izolată cu email cu diametrul de 0,10 — 0,20 mm (circa 1 000 — 3 000 spire).

Paleta mobilă se va confecţiona din arc de ceasornic de 0,2—0,4 mm sau lamă de ras. Nitul de cupru, de aluminiu sau alamă nu va trebui să fie pe partea de contact cu miezul bobinei, mai înalt de 0,1—0,2 mm.

Întrucît corpul releului este solidar cu un pol al circuitului pe care trebuie să-l acţioneze, se impune ca releul să fie montat pe o plăcuţă izolatoare de pertinax sau material plastic. De asemenea, ar mai fi necesară o carcasă patrată pentru protecţia releului pe care o puteţi executa din tablă de aluminiu izolată în interior cu carton subţire.

Dacă releul se alimentează la o baterie de 3—4 V, bobinajul va avea 1 000—3 000 spire cu sîrmă de cupru cu diametru de 0,2—0,4 mm

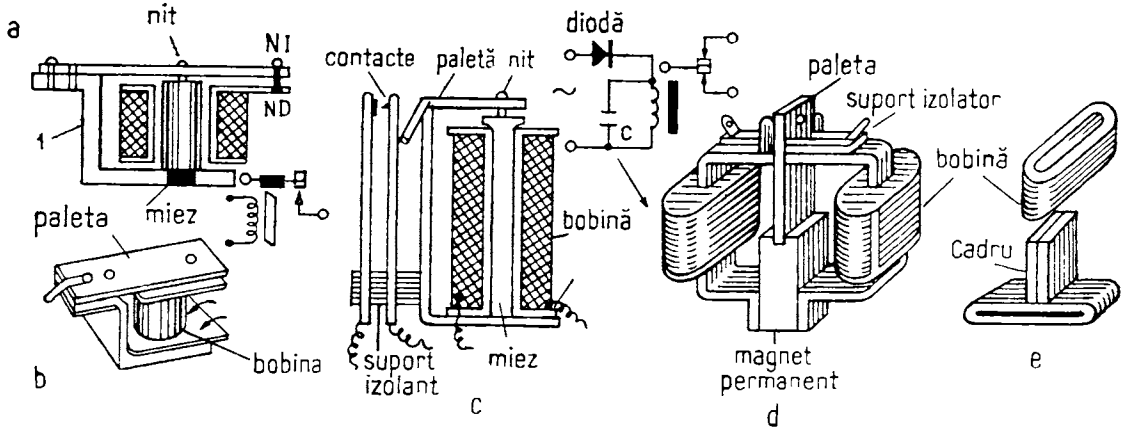


Fig. 4.6. Relee electromagnetice: a, b, c — construcţia şi montarea releului; d, e — polarizat.

(curent 30—100 mA). Pentru tensiunea de 3—10 V (relee utilizate la tranzistoare de putere 1—10 W), bobina va avea 3 000—8 000 spire cu sîrmă emailată de 0,10—0,12 mm diametru.

Se va urmări ca bobina să fie cît mai bine izolată de miezul de fier pentru evitarea scurt-circuitelor.

În figura 4.6 c, este prezentat un alt tip de releu neutru, construit pe același principiu, dar avînd contactele de acționare plasate izolat pe paletă, pe lamele arcuite care se ating la atragerea paletei de miezul electromagnetic.

Releul polarizat (fig. 4.6 d) diferă de releul neutru, care atrage paleta, indiferent de polaritatea curentului continuu ce străbate înfășurarea electromagnetului. Releul polarizat acționează în funcție de sensul în care circulă curentul de acționare.

Releul polarizat este construit din două bobine, fixate pe un miez comun de fier moale sau permalloy (aliaj de nichel și de fier), între care se află paleta, tot din fier moale. Partea inferioară a paletei este fixată într-un magnet permanent, fixat pe suportul de fier al bobinelor.

La trecerea curentului într-un anumit sens prin bobine, ele produc magnetizarea miezului de fier, atrăgînd sau respingînd paleta, după polaritatea curentului și, deci, formarea polilor magnetici N.S. La inversarea polarității curentului, paleta este atrasă de celălalt pol magnetic. Releul polarizat are avantajul unui consum mic de energie electrică, inerție redusă și poate efectua comutări rapide, la o frecvență mare.

Sînt multe cazuri în experiențele de electricitate, unde amatorul are nevoie de relee electromagnetice, iar procurarea unui releu de construcție industrială este dificilă, necorespunzînd deseori țelului propus. În acest caz trebuie construit, ceea ce nu este o operație ușoară. Dar cu îndemînare se poate executa și o asemenea piesă foarte des utilizată. Vă sugerăm pentru început, să construiți un releu simplu.

Releu din electromagnetul unei căști. El poate fi necesar în montajele-miniaturi cu tranzistoare (fig. 4.6 e). Bobina o găsiți gata confecționată la o cască telefonică, de 500—1 000 ohmi, cu diametrul conductorului de 0,05—0,07 mm. Montarea releului în ansamblul lui se va face după indicațiile date în celelalte tipuri de relee. În caz că nu aveți o paletă cu contacte de argint, tăiați dintr-un obiect casnic vechi, nefolositor, din argint (o monedă, linguriță etc.) o fîșie pe care o fasonați rotund, o finisați și o fixați pe paletă.

Reglarea releelor, în general, se face intercalînd în serie: bobina releului cu un miliampermetru (5—100 mA), un potențiometru și bateria de alimentare. Mișcînd cursorul potențiometrului, se citește pe scală valoarea curentului pentru care paleta releului este atrasă. Prin șurubul de reglare al paletei, în poziția de repaus, se caută maximum de sensibilitate, altfel spus, se urmărește curentul cel mai redus, la care să fie atrasă paleta releului. Totuși, nu la o valoare exactă ci la un curent ceva mai mare, deoarece în exploatare releul se dereglează dacă se află la un curent de limită.

Există în uz relee de curent continuu constant (curent staționar) și de curent alternativ, prevăzute de multe ori cu mai multe înfășurări, izolate între ele, ce pot fi legate separat în circuitul de comandă, sau în serie ori în pa-

ralel pentru a putea fi utilizate la diferite tensiuni şi intensităţi (2, 6, 12, 24 ... 100 volţi).

În cazul cînd s-a defectat (ars) bobina unui releu, se obişnuieşte să se rebobineze, cu acelaşi număr de spire, sau micşorîndu-se, ori mărindu-se numărul de spire. Aceasta este posibil numai atunci cînd cunoaştem caracteristicile releului şi pe carcasă sînt scrise datele ce ne interesează (numărul spirelor şi diametrul conductorului).

Fără a face calculul, dacă se cunoaşte tensiunea şi intensitatea curentului releului, îl putem rebobina pentru aceleaşi valori şi numărînd spirele. Dacă dorim să-l bobinăm pentru alte valori, atunci, pe baza raţionamentului, aflăm noile date constructive.

Astfel, un releu construit iniţial pentru o tensiune de 3 volţi şi o intensitate de 60 miliamperi, poate fi rebobinat pentru o tensiune de acţionare de 6 volţi, dublîndu-se numărul de spire şi scăzînd intensitatea la jumătate, pentru a şti ce diametru va avea conductorul.

Un releu de 3 V şi 60 mA avea la început 1 800 spire, bobinate cu sîrmă de 0,12 mm; pentru noile cerinţe va fi rebobinat cu 3 600 spire cu sîrmă de 0,08 mm diametru.

Acesta este doar un exemplu, în practică se va ţine seama de forma miezului bobinei şi de tipul releului.

BOBINA DE INDUCŢIE

O aplicaţie spectaculoasă de laborator a inducţiei electromagnetice este bobina de inducţie cu ajutorul căreia obţinem curent alternativ de diferite frecvenţe din curent continuu constant, scîntei, comoţiuni, luminiscenţă în tuburi cu gaz, încărcarea unor butelii de Leyda etc. Deci vă recomandăm s-o construiţi fiind utilă, distractivă, interesantă şi uşor de realizat.

Ca principiu se aseamănă cu soneria electrică, numai că bobina de inducţie are două înfăşurări: una primară (inductoare) şi alta secundară (indusă).

Pe un miez de fier este înfăşurat un fir de cupru izolat, care se leagă la o pilă electrică (4—6 V). În afară de bobinajul primar, mai există unul secundar, un sistem de întrerupere ritmică a curentului care circulă în primar şi două mici sfere între care se produc scînteile electrice (fig. 4.7 a).

Miezul de fier se realizează tăind din sîrmă de fier de 0,3—0,5 mm diametru, mai multe bucăţi lungi de 160 mm, cu care se umple interiorul carcasei bobinei primare. La unul din capetele cilindrului de carton se fixează un disc de lemn gros de 4 mm şi cu diametrul exterior de 80 mm, găurit la mijloc pentru a trece capătul miezului de fier.

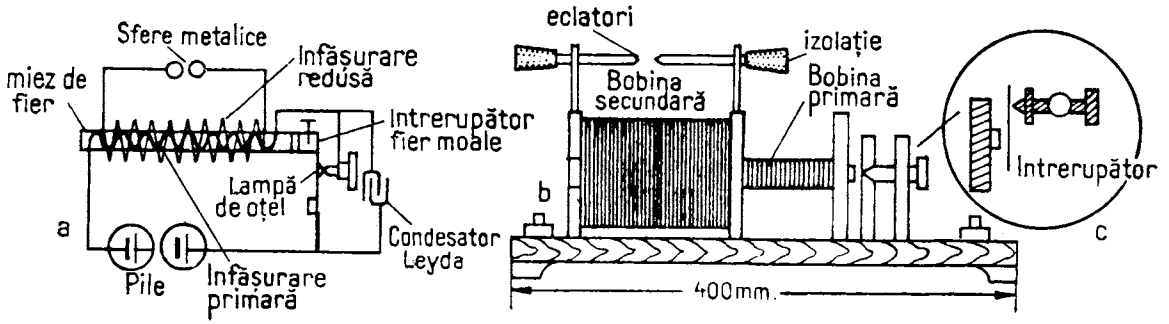


Fig. 4.7. Bobina de inducţie; a — schema electrică; b — construcţia; c — întrerupătorul.

La capătul opus al cilindrului de carton se fixează un alt disc de lemn cu diametrul exterior de numai 17 mm. Înfăşuraţi de-a lungul cilindrului, spiră lîngă spiră, un conductor de cupru emailat de 1 mm diametru şi obţineţi bobinajul primar.

Bobina secundară se face pe o carcasă lungă de 160 mm, şi diametrul interior de 18 mm (să poată intra bobina primară), avînd prinse la capete două discuri de lemn cu diametrul de 80 mm. Pe această carcasă se bobinează mai multe straturi suprapuse şi izolate între ele cu hîrtie, cu conductor de cupru emailat de 0,15 mm diametru. Cu cît e mai lungă înfăşurarea secundară cu atît tensiunea la bornele secundarului devine mai mare.

Bobinajul secundar se va acoperi din nou cu un strat de hîrtie parafinată. Ansamblul bobinei de inducţie se va monta pe placaj de dimensiunile 400/120 mm.

Bobina primară se aşază ca în figura 4.7 b, aproape de lamela vibratoare cu şurub de reglaj (fig. 4.7 c), astfel încît bobina secundară să poată aluneca de-a lungul ei, acoperind-o la început pe jumătate. Întrerupătorul este alcătuit din două suporturi de alamă (50 mm) prin care intră şurubul de reglaj la înălţimea miezului de fier al bobinei primare. Tot pe suport se fixează şi lama de oţel elastică, bine curăţată de oxizi, care face întreruperea circuitului primar al bobinei. La capetele postamentului se fixează şi cele două borne de legătură cu un acumulator (4—6 V). Schema conexiunilor se vede în figura 4.7 a.

Modul de funcţionare este următorul: Curentul electric de la sursă străbate şurubul de reglaj şi închide circuitul bobinei primare, care, magnetizîndu-se, atrage lamela elastică, îndepărtînd-o de şurubul de contact şi întrerupe astfel circuitul. Acesta duce la încetarea cîmpului electromagnetic, lama, nemaifiind atrasă închide din nou circuitul şi ciclul se repetă de un anumit număr de ori, în funcţie de distanţa dintre şurub şi lamelă, care vibrează.

La capetele vergelelor legate la ieşirea secundarului bobinei se sudează două bile de 10 mm diametru. La apropierea uneia de alta, iau naştere scîntei electrice luminoase.

Cele două vergele metalice au mînere izolatoare de lemn parafinat. Mărimea şi luminozitatea scînteilor sînt direct proporţionale cu tensiunea din secundarul bobinei şi invers proporţionale cu distanţa dintre eclatori (scînteietori) precum şi de gradul de introducere a bobinajului inductor în cel indus (secundar).

Pentru a demonstra puterea scînteilor electrice, introduceţi între capetele celor două vergele o foaie de carton şi veţi vedea că va fi găurit cu toate că hîrtia este dielectrică.

Deşi foarte simplă, o astfel de bobină de inducţie este delicată, deoarece firul subţire din secundar cere măsuri serioase de izolare, în el luînd naştere curentul de inducţie ce atinge valori de zeci de mii de volţi. Straturile bobinajului vor fi izolate cu atenţie să nu se atingă unul de altul căci se poate străpunge hîrtia şi bobina se arde. O bobină de inducţie bazată pe acelaşi principiu este folosită la aprinderea prin scînteie la bujie a combustibilului motoarelor auto-moto. Pentru amortizarea scînteilor se montează un condensator în paralel cu contactele care se uzează (fig. 4.7 a).

Ne oprim aici cu experienţele de bază ale inducţiei electromagnetice care formează cel mai important capitol din electrotehnică, aplicaţiile lui fiind nenumărate, şi deschidem o nouă pagină din istoria electricităţii — „curentul alternativ".

CURENTUL ALTERNATIV

FOLOSIREA CURENTULUI ALTERNATIV

Pînă acum am experimentat proprietăţile şi aplicaţiile curentului continuu constant sau, cum mai este denumit, curent staţionar, un curent a cărui intensitate şi tensiune este constantă în timp. Sursele producătoare de curent continuu, pilele galvanice şi acumulatoarele sînt, după cum aţi constatat, de mică intensitate şi nu satisfac cerinţele industriei şi pe cele electrocasnice, de tracţiune, iluminat etc. Din practică se cunoaşte, de pildă, că becul unei lanterne de buzunar consumă 0,2 A, în timp ce un fier de călcat electric consumă 4—10 A, un cuptor electric industrial 1 000—100 000 A, băile de obţinerea aluminiului 5×10^4—2×10^6 A (aproape echivalentul unui trăznet). Ne dăm seama că era nevoie să se găsească noi surse de curent, mai puternice, mai economice decît cele electrochimice, termo sau fotoelectrice.

Bazată pe fenomenul inducţiei, ştiinţa a descoperit şi perfecţionat o nouă metodă de generarea şi folosirea curentului electric cu ajutorul maşinilor electrice.

În centrale termoelectrice, hidroelectrice şi nuclearoelectrice se produce astăzi exclusiv un curent alternativ, care este mai avantajos decît curentul continuu.

Producerea curentului alternativ se bazează pe fenomenul inducţiei electromagnetice. În tehnică, se numeşte curent alternativ, curentul al cărui sens se schimbă la intervale de timp egale, numite perioade. Prin urmare, avem de-a face cu nişte curenţi variabili, alternînd sensul de circulaţie. Poate părea curios să folosim asemenea curenţi, totuşi deseori întîlnim asemenea fenomene alternative (mişcarea pendulului, variaţia sinusului şi cosinusului trigonometric etc.), un fel de dute-vino în ambele sensuri.

Prin rotirea unei spire conductoare într-un cîmp magnetic, în aceasta ia naştere un curent de inducţie alternativ. Aşadar, cîmpul magnetic acţionează asupra unui conductor prin care trece un curent electric, cu o forţă, numită *forţă electromagnetică,* al cărui sens depinde de sensul curentului electric şi de sensul liniilor de forţă ale cîmpului magnetic.

Generatorul de curent alternativ, al cărui principiu este redat în figura 5.1 b reprezintă modelul alternatoarelor care se folosesc astăzi pe scară largă în centralele electrice.

Între polii magnetului se produc linii de forţă care au sensul de la Nord la Sud. Dacă învîrtim spira, se va produce un curent variabil, a cărui prezenţă o putem constata cu un galvanometru.

Se observă din figura 5.1 d că, în cursul mişcării spirei, partea conductorului figurată dublu taie liniile cîmpului magnetic de sus în jos (N—S), iar partea figurată mai subţire, de jos în sus.

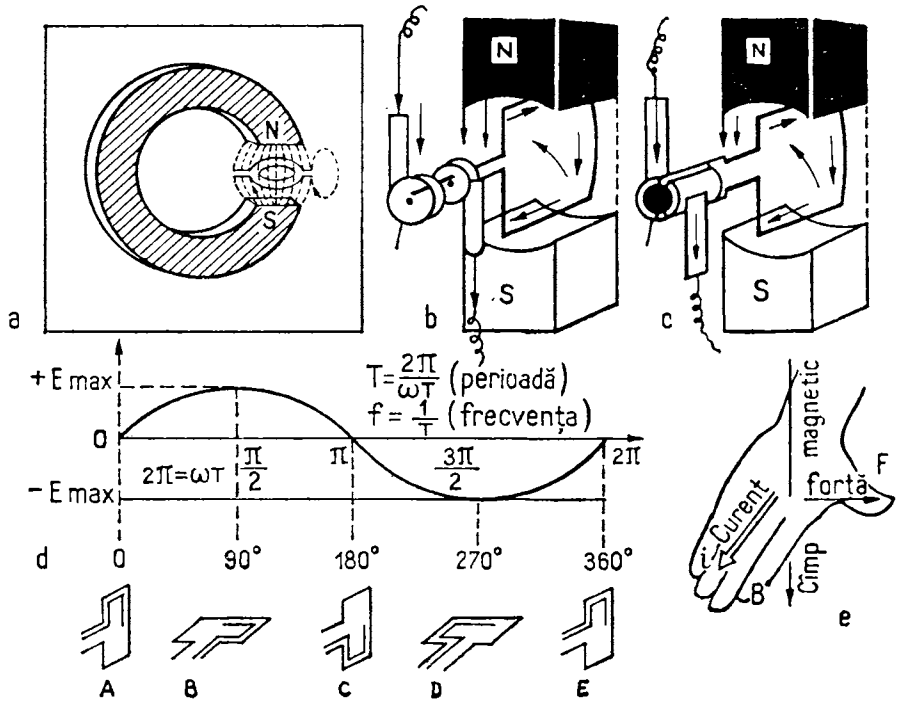


Fig. 5.1. Obținerea curentului alternativ și continuu: a — o spirală aflată în mișcare într-un cîmp magnetic; b — generator de curent alternativ; c — generator de curent continuu; d — curba sinusoidă de variație a tensiunii funcție de poziția spirei aflată în mișcare; e — regula mîinii stîngi pentru determinarea forței electro-magnetice.

Urmărind spira în mișcare, plecînd din poziția A spre B, C, D, E remarcăm că spira va îmbrățișa (tăia) treptat din ce în ce mai multe linii de forță, apoi din ce în ce mai puține, ajungînd la zero, cînd ajunge în poziția C, deoarece conductorul alunecă în lungul liniilor de forță. Din punctul C, prin continuarea rotirii spirei, aceasta trece prin D, și ciclul se repetă, dar în sensul opus, partea groasă din conductor intersectînd liniile de forță de jos în sus, și partea subțire de sus în jos. Astfel, curba din figura 5.1 d corespunde unei rotații complete, asemănător mișcării unui mobil pe un cerc, invers acelor unui ceasornic și reprezintă o perioadă sau ciclu și se înseamnă cu litera T.

Iată deci că la o rotație de 360°, în fiecare ramură a spirei tensiunea electromotoare pleacă de la 0 și atinge un maxim, apoi scade la zero, schimbă sensul și trecînd iar prin maxim scade iar la zero.

Acest ciclu se repetă la fiecare rotație. S-a produs în felul acesta un curent electric după o linie curbă numită sinusoidală. Deci, curentul produs în spiră este un curent alternativ sinusoid. Atît tensiunea electromotoare cît și curentul au aceeași formă.

Dacă spira face, de exemplu 50 de rotaţii complete (0—360°) pe secundă înseamnă că frecvenţa (numărul de perioade) este de 50. Între frecvenţă şi perioade există relaţia:

$$T=\frac{1}{f} \text{ sau } f=\frac{1}{T},$$

Deci, curentul de mai sus are frecvenţa de 50 perioade (cicli sau Hertzi) pe secundă.

Într-o secundă acest curent îşi schimbă sensul de 100 ori. În total, spira a parcurs într-o secundă de 40 de ori cîte 360° adică 50×2 . Dar 50 este frecvenţa şi putem nota: $W=2f$ (W se numeşte pulsaţia curentului alternativ sau viteza unghiulară a spirei). Pentru frecvenţa 50 pulsaţia $W=2\ f=2\times3{,}14\times\times50=314$.

Din tot ce s-a scris mai sus, înseamnă că într-un bec electric alimentat la reţeaua de curent alternativ de 50 perioade (întrebuinţat în mod obişnuit) curentul îşi schimbă sensul de 100 ori pe secundă, dar fenomenul nu se observă, întocmai ca în cazul proiecţiei cinematografice, pe baza memoriei asociative şi a observaţiei ce se formează în creier şi, în oarecare măsură, a persistenţei imaginii pe retina ochiului care îndulceşte trecerea de la o fază la alta a mişcării. În plus, intervine şi inerţia filamentului lămpilor cu incandescenţă (becurile cu filament) care nu slăbeşte sau creşte iluminarea vizibil.

Uneori avem nevoie însă şi de curent continuu, în industria chimică şi metalurgică, în galvanotehnică şi, pentru acesta, există maşini speciale, denumite generatoare de curent continuu (dinamuri). Din punct de vedere constructiv, dinamurile seamănă cu alternatorul, deosebirea constă în înlocuirea inelelor cu un „colector" (fig. 5.1 c) care să inverseze culegerea curentului, chiar în momentul schimbării sensului lui în spiră.

La fiecare jumătate de rotaţie, prin intermediul colectorului, se realizează o trecere a capetelor bobinelor de pe o periuţă pe alta. Ca urmare, cu toate că în circuitul interior (în spiră) curentul este alternativ, în circuitul exterior avem mereu un curent al cărui sens este de la o anumită periuţă spre cealaltă. Ca să se obţină un curent continuu fără pulsaţii, colectorul este alcătuit din segmenţi (lamele) numeroşi de cupru.

În figura 5.1 e se vede cum putem afla sensul forţei electromagnetice folosind o regulă simplă — regula mîinii stîngi. Întinzînd palma stîngă cu faţa spre polul Nord al magnetului, degetul mare indică sensul forţei electromagnetice.

Pentru a observa ce fel de curent produce o sursă oarecare, există diferite metode. Astfel, introducînd într-un pahar cu apă două fire legate la un acumulator, se observă în jurul sîrmei în contact cu polul negativ că apar numeroase bule de gaz. Bănuiţi că e vorba de electroliza care se face doar în prezenţa curentului continuu, în timp ce, dacă ar fi curent alternativ, nu se petrece acest fenomen.

O altă metodă, mai simplă, constă în a deplasa repede, la lumina unei singure lămpi, un creion sau o linie sau chiar degetul, pe un fond negru. În cazul curentului alternativ se obţine o imagine întreruptă, de cîte ori curentul îşi schimbă sensul. Un bec alimentat de curent continuu nu produce decît o imagine neclară, confuză.

Motoare de curent continuu. Dacă un generator de curent continuu primeşte curent, se va pune în mişcare, producînd energie mecanică. Funcţionarea se bazează pe interacţiu-

nea dintre cîmpul magnetic şi curent. Conductorii fiind plasaţi într-un cîmp magnetic sînt supuşi unor forţe şi rotorul se va învîrti în sens invers decît se învîrteşte generatorul.

Trebuie să mai observăm un fapt; rotorul învîrtindu-se într-un cîmp magnetic, în conductori vor lua naştere tensiuni electromotoare de inducţie de sens contrar curenţilor primiţi de motor, numite tensiuni contra — electromotoare (t.c.e.m).

Aceasta are drept urmare că la perii, unde se aplică tensiunea U, i se opune t.c.e.m.E.

Dacă nu ar apărea această tensiune contra electromotoare, curentul în indus (rotor) ar fi atît de mare încît s-ar arde înfăşurarea. Pentru a evita acest neajuns, se montează în circuitul electromotorului un reostat sau rezistor de pornire bobină, căruia i se reduce rezistenţa treptat şi pînă la urmă se scoate din circuit.

Să reţinem deci că la generatoarele de curent continuu, de pildă dinamul, colectorul transformă curentul alternativ din indus în curent continuu, iar în cazul funcţionării lui ca electromotor tot colectorul este dispozitivul care transformă curentul continuu, care vine de la reţea, în curent alternativ, care se îndreaptă spre indus.

Altfel spus, dinamul este o maşină electrică reversibilă. Pe acest principiu vă propunem cîteva modele de mici generatoare şi motoraşe electrice.

MAŞINI ELECTRICE

Maşina electrică este un sistem tehnic care transformă energia mecanică în energie electrică sau invers, sau care modifică parametrii energiei electrice.

După modul de transformare, se deosebesc maşini rotative (generatoare, motoare şi convertizoare) şi maşini statice (transformatoare şi redresoare).

După natura curentului folosit, deosebim maşini de curent continuu şi maşini de curent alternativ (monofazat şi trifazat; asincrone şi sincrone).

GENERATOARE DE CURENT ALTERNATIV

În figura 5.2 a este prezentat aspectul unui mic generator de curent alternativ, construit din mai mulţi magneţi în formă de potcoavă, care produc un cîmp magnetic mai puternic, ce dă naştere, în înfăşurarea rotorului, unui curent electric. Este vorba de un inductor electromagnetic, asemănător ca principiu alternatorului folosit la biciclete.

Dacă pe axul rotorului se montează inele, curentul rezultat va fi alternativ, iar dacă se pune colector, atunci va debita curent continuu.

O aplicaţie a acestui tip de generator o constituie magnetoul, întrebuinţat pentru prima dată în instalaţiile electrice ale autovehiculelor. În definitiv, un magnetou (fig. 5.2 b) se poate considera o bobină de inducţie care îşi procură singură curentul de joasă tensiune. Pe miez sînt două înfăşurări: una de joasă tensiune din conductor gros şi spire puţine (6 V), alta de înaltă tensiune (pentru a da scînteie

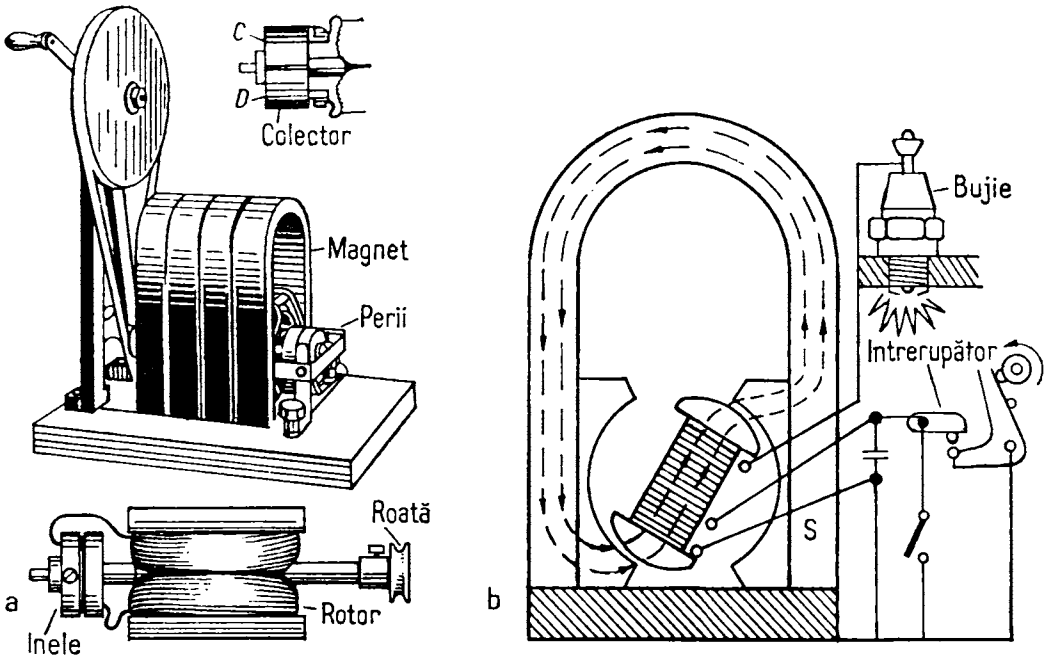


Fig. 5.2. Magnetoul: a — construcția și aspectul exterior; b — schema electrică de aprindere la bujia auto-moto.

la bujii), din fir subțire și spire multe, furnizînd o tensiune de 10 000—15 000 V.

Generator cu rotor nebobinat (fig. 5.3). Se bazează pe același principiu: rotorul, care aici este un magnet permanent, induce în stator un curent electric.

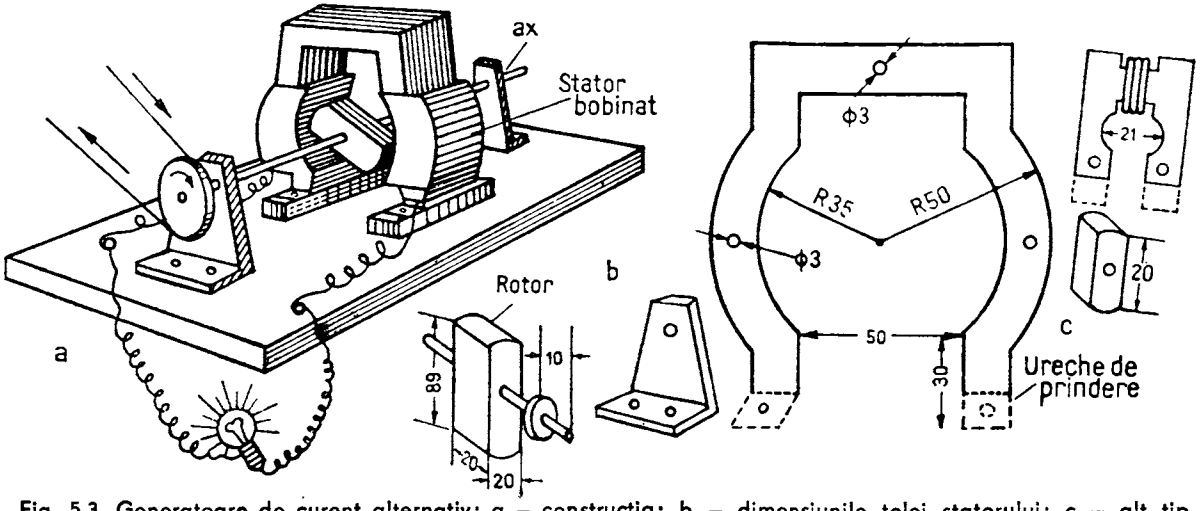


Fig. 5.3. Generatoare de curent alternativ: a — construcția; b — dimensiunile tolei statorului; c — alt tip de tolă.

Rotorul are o formă prismatică, cu capetele rotunjite, spre a rămîne un cît mai mic intrefier între el şi bobinele statorului. Dimensiunile sale sînt 20×20×68 şi va fi confecţionat, fie dintr-un magnet ceramic luat de la un difuzor permanent dinamic defect, fie din oţel de scule, decălit prin încălzire la roşu înainte de prelucrare şi apoi răcit treptat în apă pentru recălire. După decălire, rotorul se va ajusta rotund la capete cu o pilă sau cu un polizor, apoi îl găuriţi la centru cu un burghiu cu diametrul de 3 mm şi veţi trece forţat un ax de alamă sau cupru de acelaşi diametru.

În cazul cînd nu aveţi magnet de dimensiunile specificate sau apropiate de ele, se va modifica în mod corespunzător dimensiunile statorului în aşa fel încît între rotor şi bobina statorului să existe un spaţiu liber (intrefier) cît mai mic, de 1—2 mm.

Operaţia de magnetizare a rotorului se poate face fie la un atelier de reparaţii auto, fie folosind un magnet puternic, cum s-a arătat în capitolul despre magneţi, fie introducînd piesa într-un tub de carton pe care aţi bobinat vreo 30—40 metri de sîrmă izolată groasă de 1,5 mm ale cărui capete vor fi legate la un alimentator de curent continuu, sau la bornele unui acumulator de 6—12 V. Oţelul va fi lăsat în tub timp de cîteva minute (10—15), pînă ce va fi capabil să ridice o greutate de fier mai mare decît propria sa greutate.

Pentru rotor aţi putea folosi şi lame de ras uzate (100—150 bucăţi) pe care le strîngeţi una de alta pachet şi le magnetizaţi. În acest caz, statorul va fi modificat după dimensiunile lamelor şi îi puteţi schimba şi profilul conform schiţei din figura 5.3 c. Pe ax se vor lipi la capete cîte o şaibă de tablă spre a nu se mişca în cele două lagăre.

Statorul îl confecţionaţi din tablă de fier moale, groasă de 0,2—0,5 mm, din care tăiaţi mai multe bucăţi (tole), pînă formaţi un pachet de 15 mm grosime. Ultimele două tole vor avea în partea de jos prelungiri îndoite, cu care veţi fixa statorul pe planşeta ce va avea dimensiunile 200/100/20 mm. Pachetul de tole va fi strîns în cele trei găuri cu şuruburi sau nituri din cupru.

Realizarea bobinajului se face introducînd cîte două bucăţi de carton (capete de carcasă) pe fiecare braţ al statorului, apoi se unge cu clei sau vopsea duco miezul în dreptul carcasei şi se înfăşoară cu pînză sau carton subţire, ca izolaţie. În aceste carcase, se bobinează, cît mai strîns, sîrmă de cupru izolată cu bumbac sau mătase cu diametrul de 0,10—0,20 mm. Între straturi se izolează cu foiţă. Se va avea grijă ca bobinajul să nu atingă marginile rotunjite ale rotorului. Sfîrşitul primei bobine se leagă cu începutul celeilalte, spre a obţine doi poli magnetici.

La un capăt al axului rotorului, fixaţi o mică rotiţă din lemn cu diametrul de 50 mm, prevăzută cu un şanţ pentru curea, antrenată de o altă roată, cu manivelă, ca în figura 5.2 a.

Cu acest generator puteţi alimenta un bec de lanternă care va ilumina destul de puternic.

GENERATOARE DE CURENT CONTINUU

Să nu uităm că dacă la generatorul de curent alternativ, în circuitul exterior curentul variază după cum aţi observat în figura 5.1 d,

la mașinile de curent continuu, curentul obținut are sensul unic și este pulsatoriu. Lucrul acesta se înțelege lesne prin introducerea colectorului în locul inelelor, căci nu se schimbă modul de variație al curentului, ci numai sensul în care circulă. Deci nu rezultă un curent perfect continuu, adică uniform, așa cum îl obținem de la un element galvanic sau un acumulator, ci este un curent care pulsează, adică crește, scade, trece prin zero, crește din nou, etc., dar mereu în același sens. Numim un astfel de curent, curent pulsator sau curent redresat.

Să reținem, prin urmare, că în generatorul de curent continuu se produce un curent alternativ și că numai în afară la colector, se obține un curent continuu constant sau staționar, cum se mai numește.

În afară de aceasta, trebuie reținut că, spre deosebire de alternator, la mașinile de curent continuu inductorul (magnetul) este stator, iar indusul este rotor.

La primele mașini de curent continuu care s-au construit era un inel de fier. De asemenea, înfășurarea indusului unui motor de curent continuu este o înfășurare închisă spre deosebire de aceea a mașinilor de curent alternativ, care este o înfășurare deschisă.

Generator de curent continuu bipolar (fig. 5.4 a) are rotorul între polii unui magnet permanent în formă de potcoavă. Magnetul se fixează pe un postament de scîndură de 5 mm grosime și dimensiunile 90/120 mm, cu cleme de tablă.

Rotorul poate fi prelucrat, fie dintr-o bucată de fier de 5—8 mm grosime, fie din bucăți de

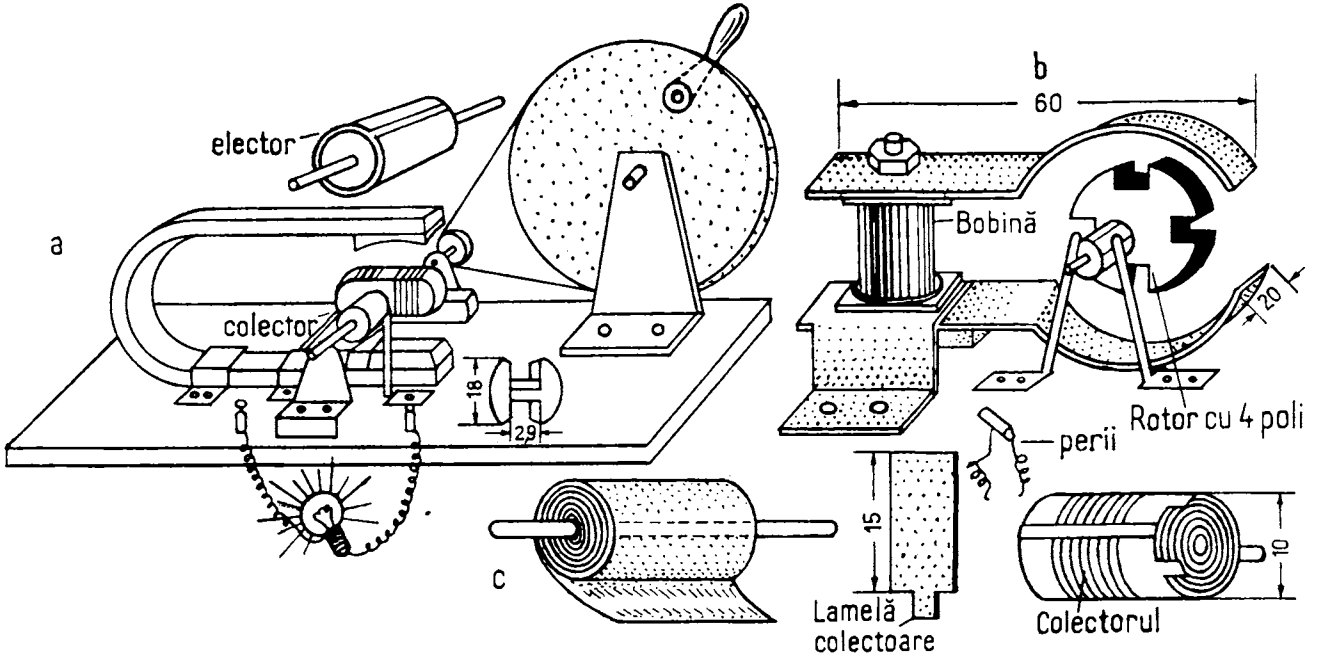


Fig. 5.4. Generator de curent continuu: a — cu rotor bobinat; b — cu rotor cu 4 poli; c — confecționarea colectorului.

tablă de fier suprapuse, avînd grosimea de 0,5—1 mm, pînă se face un pachet de tole de 5 mm. Plăcile se vor lipi între ele cu nitrolac şi se finisează apoi la polizor sau cu pila.

Axul rotorului va fi de oţel, cu diametru de 3—4 mm şi lung de 80 mm. Colectorul se poate executa din două plăcuţe semicilindrice din tablă de aramă cu grosimea de 0,5 mm. Ele se vor lipi cu nitrolac pe un mic cilindru de plută sau o bucată de creion, din care am scos mina.

Atenţie! Cele două lamele ale colectorului nu trebuie să se atingă între ele, iar fixarea colectorului de axul rotorului se face punînd lamelele între polii rotorului.

Axul rotorului se va roti pe doi suporţi, astfel ca marginile rotorului să se afle la distanţe egale de polii magnetului, de cel mult 3—4 mm, fără să se atingă sau să se frece. Lamelele care ating colectorul vor fi fixate cu cuişoare de postament, arcuind uşor. Dacă la probe nu obţineţi curent, modificaţi uşor poziţia colectorului, pentru ca cei doi poli să fie pe axa polilor magnetului.

Veţi completa instalaţia cu sistemul de roţi pentru a pune în mişcare dinamul şi măsuraţi sau încercaţi cu un bec cum această instalaţie produce curent electric.

Acest diman, care dă o tensiune cu atît mai mare cu cît şi viteza lui de rotaţie e mai mare, poate fi transformat în motor electric, scoţînd cureaua de pe roţi şi aplicînd o tensiune de curent continuu în locul beculeţului de lanternă. Ca motor, dinamul descris aici nu poate funcţiona dacă îl alimentăm de la o sursă de curent alternativ de 3—5 volţi prin intermediul unui transformator de sonerie.

Totuşi, cu o mică modificare motoraşul de mai sus poate funcţiona fie alimentat cu curent continuu, fie alternativ. Va trebui să înlocuiţi magnetul permanent cu un mic electromagnet de felul celui prezentat în figura 5.4 b şi în acest caz polaritatea se va schimba în acelaşi timp, atît în stator cît şi în rotor.

Electromagnetul respectiv conţine două piese polare făcute din tablă de fier moale de 1 mm, unite cu un şurub de fier moale, pe care se va monta şi bobina statorului, înfăşurînd 8—10 m sîrmă de cupru izolată de 0,2—0,3 mm diametru, pe o carcasă lungă de 20 mm, cu diametrul interior de 5 mm.

Colectorul rotorului care poate fi acelaşi, de la generatorul precedent (fig. 5.4 a) se face conform desenului din figura 5.4 c şi d, fie înfăşurînd un sul de hîrtie pe un ax de 3 mm, fie dintr-un dop de plută pe care se lipesc lamelele de cupru.

Motorul astfel construit se alimentează la o tensiune de 4—8 volţi, curent continuu sau alternativ.

ELECTROMOTOARE

Motor unipolar. Mulţi cred că prin fenomenul de inducţie magnetică nu se pot produce decît curenţi electrici alternativi. Această părere provine din faptul că toate maşinile de curent continuu cunoscute în mod obişnuit produc, cum s-a spus mai sus, curenţi alternativi, care prin artificiul colectorului sînt redaţi sub formă de curent continuu constant. Se ştie însă, încă de la mijlocul secolului trecut, că se pot produce prin fenomene magnetice şi cu-

renţi continui veritabili, asemănători celui dat de pilele galvanice sau de acumulator.

De pildă, dacă între polii unui magnet permanent, învîrtim un disc de cupru, între două perii, care freacă una pe ax şi alta pe marginea discului, vom culege o tensiune electromotoare continuă fără a mai fi nevoie de colector.

Explicaţia e uşor de dat: orice rază închipuită pe discul de cupru poate fi socotită un conductor, care învîrtindu-se, taie liniile de forţă ale cîmpului dat de magnet, mereu în acelaşi sens, dînd naştere la o tensiune electromotoare continuă a cărei valoare este:

$$E = \frac{\Phi \times n \times 10^8}{60} = \frac{0{,}785 \times 10^8 \times 1000 \times 10^{-8}}{60} = \frac{785}{60} =$$

$$13 \text{ V}; \quad \Phi = BS; \quad 5 = \frac{4D^2}{5};$$

$$D = 1 \text{ m}$$

în care:

E = t.e.m. în volţi,

n = numărul de ture /m,

Φ = fluxul magnetic inductor în Weberi (W).

La început, un asemenea generator se numea „discul lui Faraday" iar astăzi se numesc motoare unipolare. Acestea dau tensiuni de valori mici (10—15 V), dar curenţi de zeci de mii de amperi, avînd largi utilizări în instalaţiile de electroliză, sudură, cuptoare etc.

Întrucît maşina unipolară e reversibilă, în figura 5.5 a, iată imaginat şi un motor unipolar, sau motor cu disc rotitor, realizat dintr-un disc de cupru şi un magnet.

Discul (2) se susţine în lagărul (3) şi jos pe o plăcuţă (2). Pe marginea discului apasă o perie de alamă (5). Pentru a crea un intrefier cît mai mic între disc şi polii magnetului se montează cîte o plăcuţă de fier la capete.

Tot ansamblul se montează pe o placă de lemn cu grosimea de 5 mm, lungă de 180 mm şi lată de 120 mm. Discul de cupru are diametrul de 100 mm, iar lagărul de sus este înalt de 20 mm, lat de 20 mm şi lung de 65 mm.

Alimentarea motoraşului se va face de la o sursă de curent continuu de 4,5—6 V. La începutul punerii în funcţiune, peria de pe marginea discului se va apropia sau depărta de polii magnetului, pînă ce motoraşul se va roti cu turaţia maximă. Important este ca spaţiul dintre disc şi polii magnetului să fie cît mai mic pentru a se roti într-un cîmp magnetic maxim şi să nu aibă frecări în lagăre, iar sîrma de contact să arcuiască uşor pe periferia discului.

Motoraş basculant. Acest motor se deosebeşte de precedentele motoraşe electrice, deoarece el nu se roteşte, ci oscilează ritmic, acţiune folosită în practică pentru semnalizări acustice, optice şi pentru executarea de contacte repetate (fig. 5.5 b). El este construit din doi electromagneţi şi o armătură metalică oscilînd între doi suporţi de tablă.

Principiul arătat în figură e simplu: proprietatea electro-magnetului de a atrage o armătură de jos, atunci cînd circulă curentul electric prin spirele bobinajului său. După cum este arătat în figură, un capăt al fiecărei bobine este conectat la miezul electromagnetului, care face contact cu sursa prin vîrfurile artăturii. Restul e uşor de înţeles.

Bobinele electromagneţilor se vor înfăşura pe carcase cu diametrul interior de 5 mm şi lungimea de 50 mm, în interiorul cărora se introduc şuruburi de fier corespunzătoare. Se va înfăşura pe fiecare mosorel de carton (carcasă) cîte 400 de spire cu sîrmă de cupru cu diametrul de 0,1 mm.

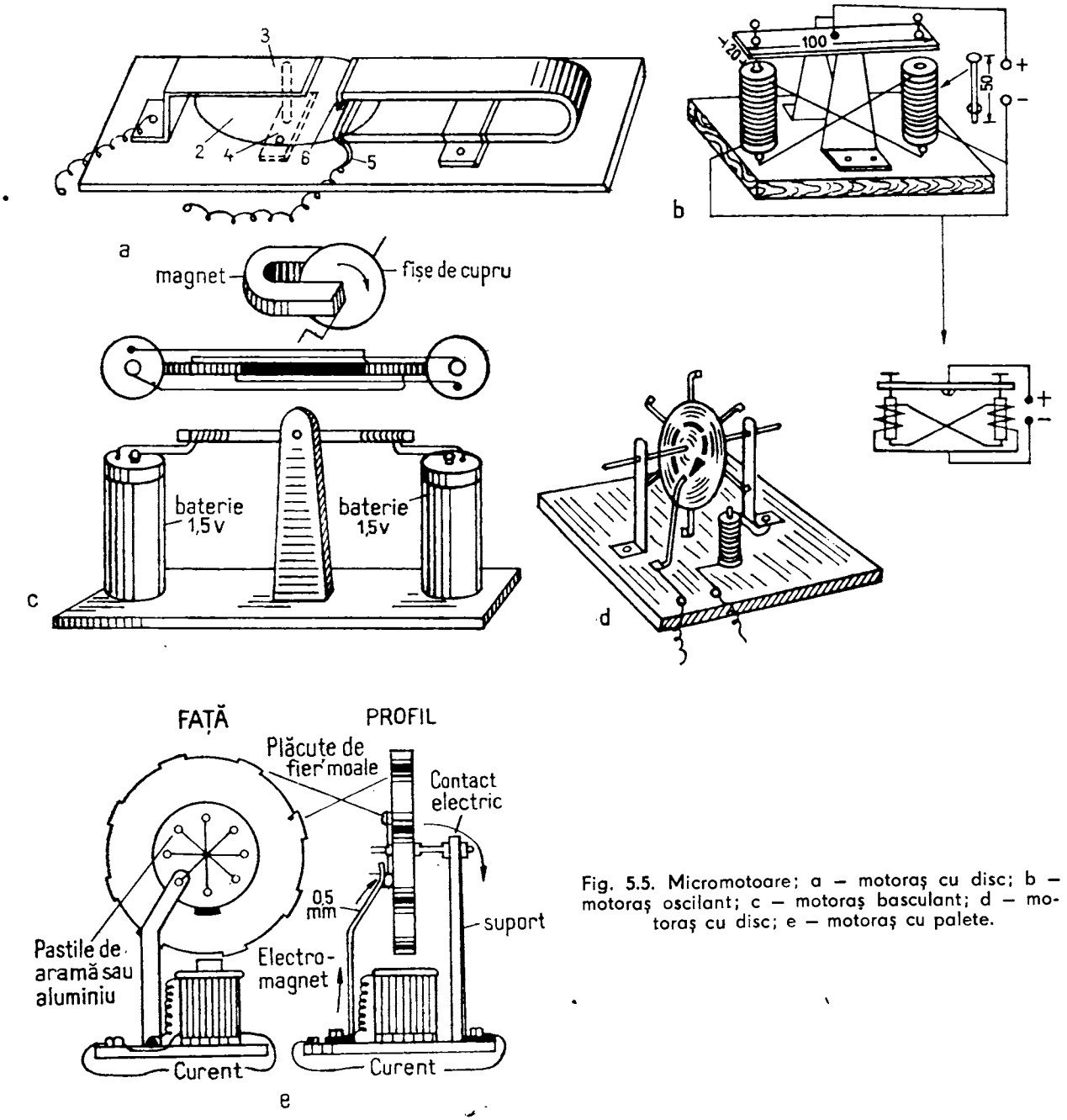


Fig. 5.5. Micromotoare; a — motoraș cu disc; b — motoraș oscilant; c — motoraș basculant; d — motoraș cu disc; e — motoraș cu palete.

Armătura oscilantă are lăţimea de 100 mm şi lăţimea de 20 mm, fiind tăiată dintr-o bucată de tablă cu grosimea de 1,5 mm. Exact la centrul ei se vor lipi semidiscuri de metal, prin care să treacă un ax de 3 mm grosime şi 10 mm lungime, prins la capete cu două piuliţe, astfel încît armătura să se mişte lejer. Cei doi suporţi — lagăr au înălţimea de 50 mm şi lăţimea talpei de 20 mm.

Pentru pornirea armăturii se va da un impuls cu mîna spre a face contact una din părţile armăturii cu miezul unuia dintre electromagneţi.

Micromotor oscilant fără electromagneţi. Aşa pare la prima vedere, dar în acest caz electromagnetul e mobil. Iată de ce. Confecţionaţi eventual dintr-un cui de fier cu diametrul de 5—6 mm, o bară cilindrică lungă de 120—150 mm. Aflaţi centrul exact al barei, bateţi puţin locul acela, să se turtească şi perforaţi-o precis la mijloc, astfel încît să stea în echilibru cînd o puneţi în suspensie pe un ax orizontal.

Înfăşuraţi pe fiecare cap al barei (fig. 5.5 c) cîte 50 de spire din sîrmă subţire izolată, cu diametrul de 0,3 mm. Capetele bobinei din dreapta (vedeţi schema din figură) sînt conduse la bornele bateriei din stînga, în timp ce capetele bobinei din stînga fac contact cu bornele bateriei din dreapta. Ţineţi seama că aceste contacte nu se sudează, ci doar se ating. Fixaţi apoi cîte un mic cilindru de fier moale, vertical, pe capetele fiecărei baterii, direct sub bara de fier bobinată (partea nebobinată).

Cînd capetele bobinei din dreapta ating bornele bateriei din stînga (polul plus cît şi pastila de fier), bobina magnetizează bara de fier, care este atrasă de micul cilindru de fier.

Prin această mişcare se întrerupe contactul cu bateria din stînga şi, în acelaşi timp, capetele bobinei din stînga fac contact cu bornele bateriei din drepta, ceea ce face ca extremitatea stîngă a barei să fie atrasă de cilindrul de fier.

Fenomenul se repetă automat, bara alternînd cînd la dreapta, cînd la stînga, adică oscilează în jurul axei de susţinere pînă la epuizarea bateriilor. Pentru încetarea mişcării se îndepărtează bateriile.

Motor simplu cu rotor magnetic. Tăiaţi trei discuri din carton cu diametrul de 60 mm. În jurul unuia dintre aceste discuri, decupaţi şase dreptunghiuri radiale, late de cîte 5 mm, echidistanţat. Aşezaţi în aceste deschideri capetele a şase cuie de fier de cîte 70 mm lungime, cu vîrfurile tăiate.

Lipiţi de o parte şi de alta a discului central, pe care sînt aplicate cuiele, cîte unul din discurile rămase. Trasaţi cu compasul pe aceste discuri lipite, un cerc cu raza de 20 mm şi apoi perforaţi 12 găuri echidistanţate de o parte şi de alta a celor şase cuie. Treceţi prin aceste găuri, un fir de cupru curăţat de izolament, gros de 0,1—0,2 mm, astfel încît pe o parte să apară şase contacte, plasate între cuiele de fier. Capetele sîrmei le legaţi înfăşurîndu-le de axul armăturii, care poate fi un ac de tricotat (fig. 5.5 d).

Electromagnetul se compune dintr-un cui pe care se pune un mosor, drept carcasă, şi se bobinează 30 metri din sîrmă izolată, avînd diametrul de 0,2 mm. Suportul-lagăre al rotorului se va confecţiona din tablă, dintr-o cutie de conserve. Mai trebuie făcută şi o perie metalică formată dintr-un mănunchi de fire metalice subţiri, spre a nu freca prea tare pe cele 6 contacte de sîrmă de pe armătură.

Alimentarea mosoraşului se face prin cele două borne de pe planşeta de lemn, de la un

transformator de sonerie, la o tensiune mică (3—5 V). Acest curent alternativ, trece, cînd peria se sprijină pe un contact, prin circuitul: bucşe—perie—sîrmă de contact—ax—suportul axului — bobina electromagnetului, cealaltă bucşe.

Se creează astfel un pol la electromagnet, care atrage cuiul vecin al armăturii (rotorului), deci începe rotaţia discului. Cînd peria trece de pe contact, pe locul izolat dintre contacte, circuitul se întrerupe şi electromagnetul nu mai atrage cuiul dar, în virtutea inerţiei, armătura continuă rotirea şi astfel peria ajunge din nou pe contactul următor. Astfel se realizează din nou contactul şi faza a doua creează un pol de semn contrar pentru electromagnet, care atrage cuiul următor şi fenomenul se repetă, armătura rotindu-se cu o viteză corespunzătoare frecvenţei curentului.

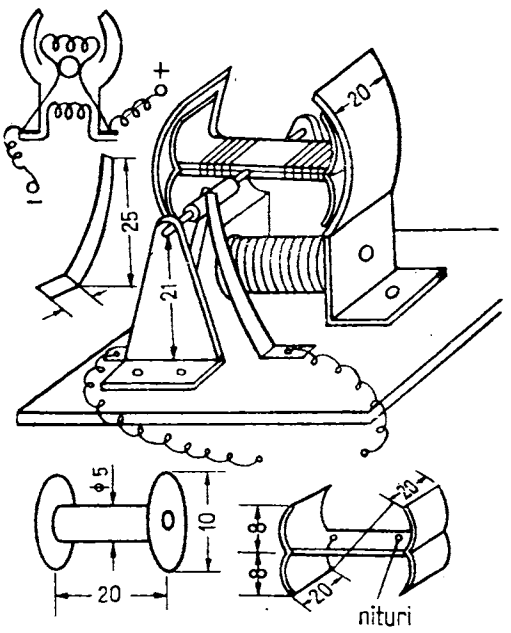


Fig. 5.6. Micromotor bipolar din tablă.

Motor cu palete. Aveţi prilejul să construiţi într-un timp scurt, un motor electric de mică putere. Deşi puteţi găsi la magazinele de jucării motoraşe de model redus pentru diferite utilizări, scopul vostru este să vă exersaţi talentul de constructori.

Iată, de pildă o variantă a motoraşului prezentat mai sus (fig. 5.5 e). Are, de asemenea, un disc, dar realizat de data aceasta din lemn uşor, care este armat pe margini cu 8 plachete de fier moale, prinse în scobituri făcute special şi lipite apoi. Această roată, prinsă pe un ax, va purta pe o parte de asemenea 8 contacte. O perie, făcută dintr-o lamă elastică, asigură contactele şi întreruperile necesare funcţionării. Un electromagnet, realizat după indicaţiile date la alte electromotoare, cînd este străbătut de curent, va urma circuitul: perie —contact—axul roţii—suport—sursă de curent. Astfel, cea mai apropiată paletă de fier moale de pe marginea discului va fi atrasă de către electromagnet, discul se va roti, contactul se va întrerupe la perie, dar datorită inerţiei, roata se va învîrti, restabilind un nou contact şi o nouă pastilă va fi atrasă de electromagnet etc.

Motorul acesta poate fi alimentat şi în curent continuu şi de la un transformator de curent alternativ de mică tensiune (4—12 V).

Micromotor bipolar din tablă (fig. 5.6). După schema electrică de legături se observă că este vorba de un motor cu excitaţie paralel. Curentul electric provenit de la baterie circulă prin spirele bobinei statorului, creind în cele două armături, compuşi electromagnetici diferiţi N şi S. Totodată, prin perii şi lamelele colectoare, curentul electric intră în rotor şi îl polarizează. Între rotor şi stator se va crea un cuplu de rotaţie.

Statorul este format din două armături potcoavă, din tablă de fier de 1 mm grosime. În partea inferioară se fixează un şurub cu piuliţă lung de 25 mm şi gros de 3 mm.

Pe bobina de carton a statorului se înfăşoară 300 de spire cu sîrmă izolată de 0,2 mm. Rotorul se confecţionează din două plăci de fier cu grosimea de 1 mm, la forma şi dimensiunile din figură. Lungimea axului este de 70 mm, iar diametrul de 2 mm. Înfăşurarea rotorului se face după ce, mai înainte, a fost izolat cu hîrtie, cu cîte 100 de spire de sîrmă de cupru izolată, avînd diametrul de 0,2 mm, în acelaşi sens.

Colectorul se face obişnuit, cu lame de 0,2—0,3 mm, de alamă. Alimentarea motoraşului se va face cu curent continuu (4,5 V) sau cu un transformator de sonerie.

Motor cu rotor nebobinat (fig. 5.7). Acest motor simplu poate fi realizat cu uşurinţă de oricine şi funcţionează la prima probă. Pe un postament de scîndură se fixează un suport de tablă de 1 mm grosime, tăiată şi îndoită la dimensiunile şi forma din figură. Pe acest suport se fixează doi electromagneţi bobinaţi în sens invers, cu cîte 200—300 de spire din sîrmă de cupru izolată de 0,2—0,3 mm diametru, pe o carcasă lungă de 30 mm, avînd diametrul interior de 4—5 mm. Ca miez al bobinelor se vor folosi două şuruburi de fier moale, cu cîte o piuliţă de strîngere în suport.

Rotorul motoraşului se confecţionează, după un tipar de carton, ca o roată cu 4 dinţi (de forma şi dimensiunile din figură) din tablă de 2 mm. Se va tăia cu ferăstrăul şi ajusta cu pila. Dacă această roată are un milimetru grosime, scade puterea motorului, aşa că, dacă este greu de prelucrat din tablă de 2 mm, executaţi două rotiţe din tablă de 1 mm şi lipiţile cu un adeziv.

Fixarea roţii pe axul de 3 mm, se face prin cositorire, perfect perpendicular, ca să nu „bată" în faţa electromagneţilor.

Pe acelaşi ax se mai fixează şi a doua roată cu 4 dinţi, ca rotor de întrerupere şi restabilire a curentului electric. Aceasta se face din tablă, preferabil din alamă sau din cupru, de 0,8—1 mm grosime. Distanţele de fixare pe ax

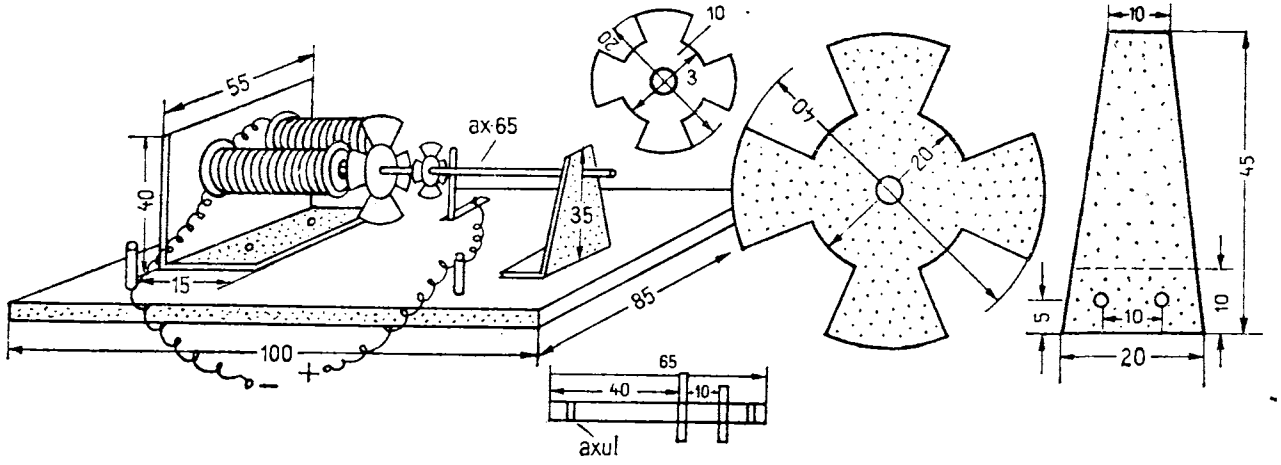


Fig. 5.7. Motor cu rotor nebobinat.

a ambelor roţi dinţate sînt indicate pe schiţă. La capete, se cositoresc cîte 2—3 spire de sîrmă pentru a împiedica axul să se deplaseze.

Lamela întrerupătoare se execută din tablă subţire de 0,8 mm, de alamă sau cupru.

Curentul electric va circula de la baterie, prin lamelele de contact, la unul din dinţii roţii mici, prin axul metalic şi suportul metalic, în spirele electromagnetului şi se întoarce la celălalt pol al bateriei.

La trecerea curentului prin spirele electromagnetului, polii lui vor atrage dinţii rotorului, făcîndu-l să se rotească. În momentul cînd lamela se află între dinţii roţii mici, curentul se întrerupe şi electromagnetul nu mai atrage roata mare, dar în virtutea inerţiei, rotorul continuă să se învîrtească solidar pe ax cu rotiţa mică, ceea ce face ca să se restabilească contactul electric şi ciclul de atragere să se continue. Veţi avea grijă ca să ungeţi cu ulei lagărele, pentru a reduce frecările şi motoraşul să funcţioneze uşor.

Înainte de a trece la o nouă construcţie, dorim să menţionăm că s-a urmărit ca, legînd teoria de practică, să acumulaţi o serie de cunoştinţe şi deprinderi profesionale, ca nişte adevăraţi electrotehnicieni, fiind puşi în faţa a diferite probleme tehnice, mai simple sau mai complicate.

Pentru a vă crea condiţii să aprofundaţi cunoaşterea temeinică a proprietăţilor curentului alternativ, care are o deosebită importanţă în practică, vă oferim prilejul de a lucra cu acest fel de curent, fără pericol şi teamă la o tensiune coborîtă şi la o frecvenţă joasă, fără a face uz de reţeaua publică.

În acest scop vă recomandăm să construiţi un mic dispozitiv cu care să transformaţi curentul continuu al unei baterii de elemente galvanice sau acumulator în curent alternativ de aceeaşi tensiune. Asemenea aparat este necesar şi laboratoarelor şcolare care nu dispun de curent alternativ de la reţea sau de transformator reducător de tensiune.

COMUTATORUL TIP RUMKORF

Se bazează pe principiul colectorului de la maşinile electrice, pe care le-am descris mai înainte de mai multe ori. El poate, fie să comute curentul din alternativ în continuu, fie din continuu în alternativ.

Construcţia comutatorului este simplă. El are patru periuţe 1, 2, 3, 4. Trei periuţe sînt fixate pe o parte, 1, 2, 3 şi a patra în partea opusă. Periuţa 1 este legată în contact permanent cu o jumătate a inelului, iar periuţa 2 este în contact permanent cu cealaltă jumătate a inelului. Periuţele 3 şi 4 sînt fixate diametral opus la mijlocul comutatorului.

Cilindrul *a* se confecţionează după procedeul folosit la colectorul dinamului, cele două inele metalice fiind despărţite între ele pe linia desenată. (5.8 b).

Schema funcţionării comutatorului este redată în figura 5.8 c. Urmăriţi sensul curentului după săgeţi şi refaceţi traseul curentului în ambele cazuri. Se observă că, în locul unde lamela 4 atinge cînd o parte a cilindrului, cînd cealaltă, se face schimbarea sensului curentului între cele două lamele 3 şi 4. Alimentarea cu curent continuu se face prin bornele 1 şi 2,

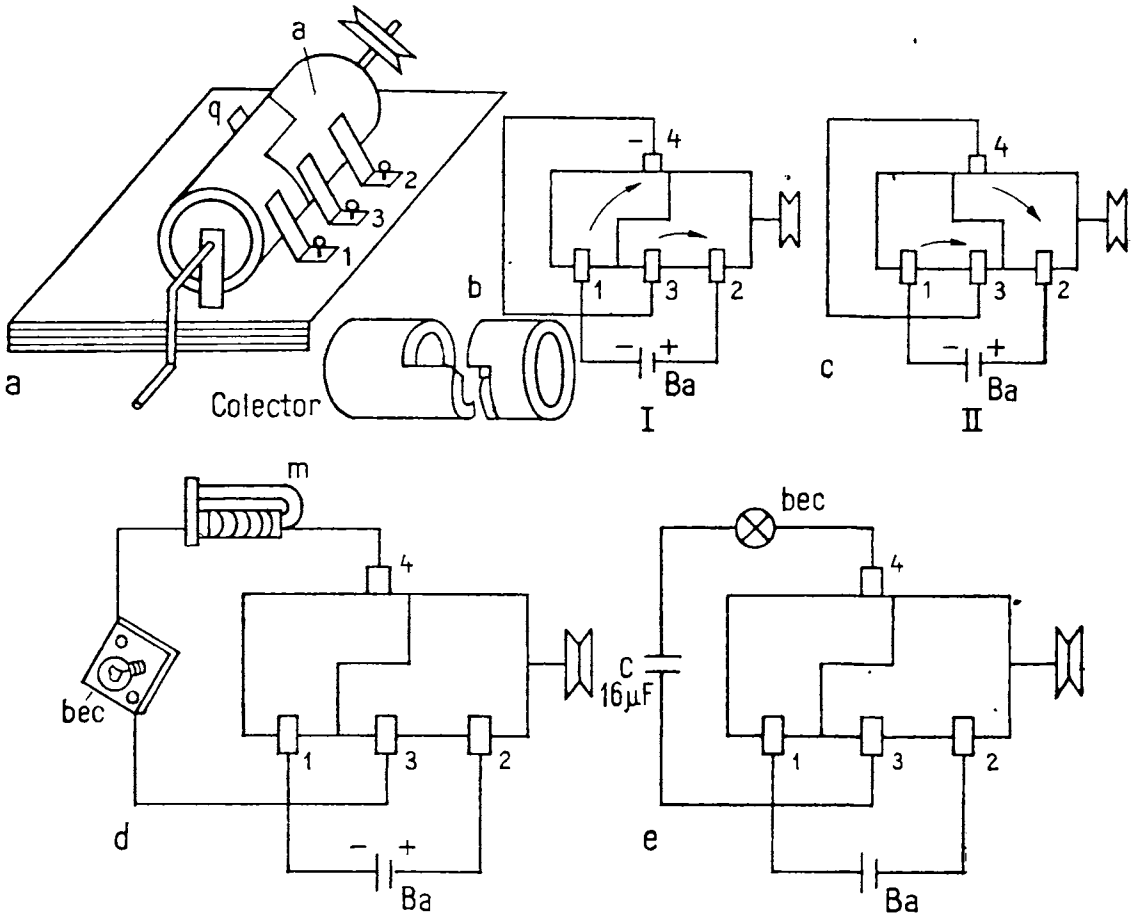


Fig. 5.8. Comutator Rumkorf: a – construcţia; b – schema electrică; schimbarea polarităţii; d – experiment cu reactanţa inductivă; e – reactanţa capacitivă.

iar bornele 3 şi 4 constituie capetele unui curent alternativ.

Iată cîteva experienţe cu dispozitivul comutator. Se ştie că reactanţa este o mărime caracteristică unui circuit electric de curent alternativ şi poate fi reactanţă inductivă ($L\omega$) şi reactanţă capacitivă ($1/C\omega$). Altfel spus, reactanţa reprezintă rezistenţa unei bobine sau condensator în curentul alternativ.

Reactanţa inductivă depinde de fluxul magnetic din bobină. Se întocmeşte schema din figura 5.8 d, conectînd în serie cu bornele de curent alternativ 3—4 un mic bec de lanternă de 3,5 V, o bobină cu 300, 600 şi 1 000 de spire pe un miez de fier (poate fi un electromagnet) cu armătură. La bornele 1—2 se leagă elemente galvanice sau un acumulator cu tensiunea de 4 V. Se constată că becul iluminează chiar atunci cînd punem comutatorul în rotaţie cu o sfoară pe roata cu şanţ, sau îl punem în mişcare cu un mic motoraş electric.

Cînd introducem bobina pe un braţ al miezului de fier şi închidem mijlocul cu armătura, becul luminează mai slab. Reactanţa inductivă a crescut opunîndu-se curentului din circuit ca o rezistenţă. Dacă se repetă experienţa cu o bobină cu mai multe spire, reactanţa creşte şi mai mult. Dacă se roteşte comutatorul mai repede, becul luminează din ce în ce mai slab, cu cît creşte frecvenţa curentului alternativ. Astfel L ω, reactanţa, depinde de inductanţa L şi de pulsaţia curentului $W = 2\pi f$, în final de frecvenţă.

Reactanţa capacitivă depinde de mărimea capacităţii condensatorului (fig. 5.8 e).

Realizînd schema respectivă, se pune un condensator de 4—6—16 μF şi un mic bec de 3,5 V şi se alimentează montajul cu o baterie de 12 V sau acumulator electric.

La rotirea comutatorului se constată că, dacă valoarea condensatorului este mai mică, becul luminează mai slab, iar dacă frecvenţa curentului este mai mare, becul luminează mai puternic. Cu alte cuvinte reactanţa capacitivă $1/C\omega = 1/C.2\pi f$.

Inversarea sensului de rotaţie. Este o operaţie pe care o puteţi face uşor în cazul motoarelor care au statorul format dintr-un magnet permanent şi sînt alimentate la rotor cu curent continuu: se inversează legăturile de la bornele sursei de curent şi motoraşul se învîrteşte în sens invers.

Cînd însă statorul este bobinat, deci un electromagnet, şi rotorul e bobinat, atunci, chiar dacă schimbăm polaritatea sursei, se inversează sensul de rotaţie concomitent şi în rotor şi în stator, aşa încît nu se realizează scopul propus.

Pentru inversarea sensului la motoarele electrice din industrie există multe posibilităţi şi orice constructor amator ar putea soluţiona problema cu ingeniozitatea fiecăruia.

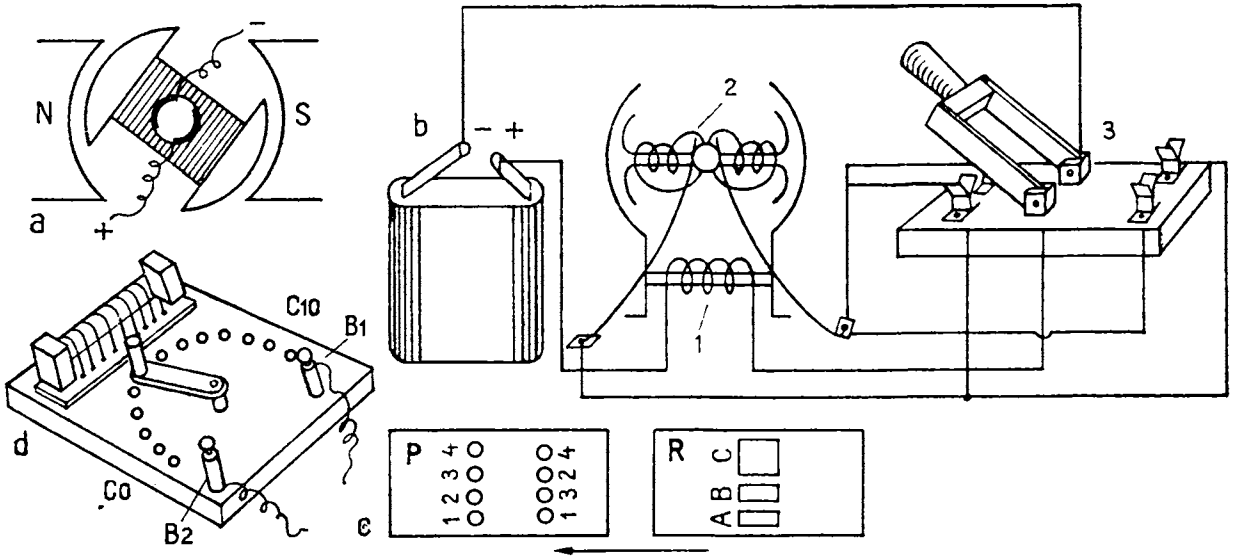


Fig. 5.9. Inversarea sensului de rotaţie la motoarele electrice: a — motor cu stator din magneţi permanenţi; b — montaj pentru inversarea sensului de rotaţie; c — sistem de variaţie a vitezei cu comutator; d — variaţia de viteză.

O soluţie clasică, simplă este aceea redată în figura 5.9 b, în care se vede că bobina statorului (1) este legată la una din bornele comutatorului bipolar (3) iar celălalt capăt la borna „+" a bateriei. Cealaltă bornă a bateriei este legată la cea de a doua bornă fixă a comutatorului şi prin închiderea comutatorului spre stînga sau dreapta, va face ca sensul curentului în rotor să se schimbe.

MICROCENTRALE ELECTRICE

Apa şi vîntul înseamnă, în planul energetic, lumină, forţă, căldură. O mică roată hidraulică sau o morişcă de vînt rezolvă nevoile unei gospodării la ţară. Încercaţi şi voi, dragi tineri, să meşteriţi o asemenea microuzină, aşa cum au făcut mulţi pasionaţi din ţara noastră. Generatorul poate fi instalat chiar pe axul elicei cum se observă în figura 5.10.

Iată, vă dăm o sugestie. Dintr-o roată de bicicletă construiţi o roată hidraulică pe care o puteţi folosi şi ca roată de vînt care să învîrtească un mic alternator sau dinam. Pe un ax prelungit montaţi pe doi tamburi, 6 palete uşoare cu aripi de pînză cauciucată sau din folie de plastic mai groasă, după schiţa din figura 5.10.

Roata, învîrtindu-se pe ax cu rulmenţi, va avea o frecare mică şi puteţi angrena, cu o cureluşă, un mic generator electric cu care să puteţi încărca un acumulator.

Acest tip de roată îl puteţi monta la marginea unui pîrîu, cu debit mic de apă sau, aşezînd-o în poziţie culcată, pe un loc mai înalt, se va învîrti uşor la un vînt oricît de slab şi din orice direcţie ar bate.

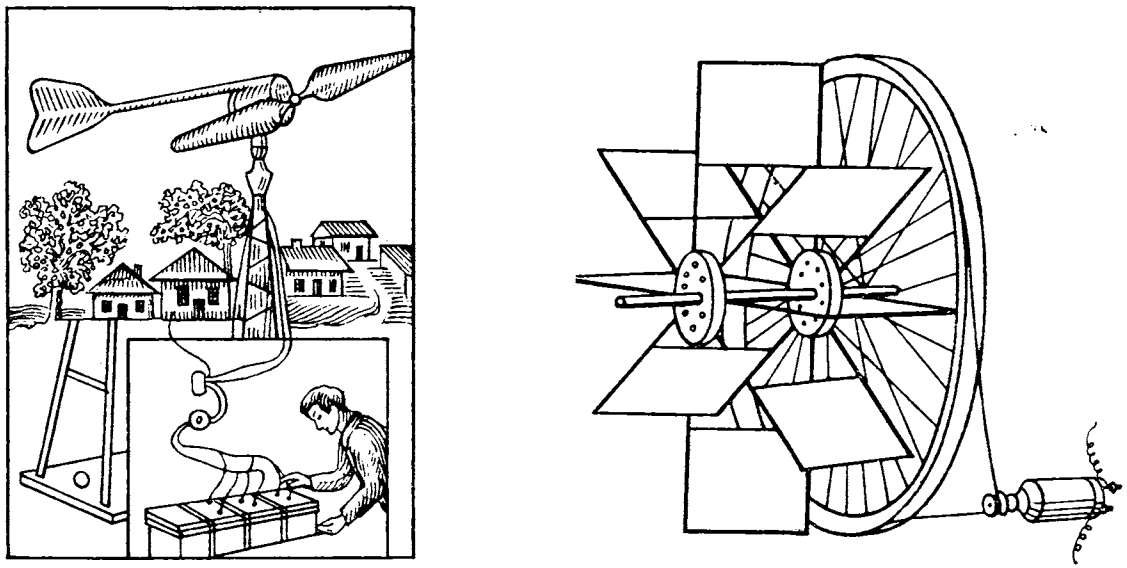


Fig. 5.10. Microcentrale electrice cu roată hidraulică şi eoliană.

În cazul unui rîu cu debit mai mare sau cu o cădere de apă, puteţi uni pe ax două roţi de bicicletă şi între ele să montaţi palete uşoare.

Astfel, veţi putea obţine, cu un generator de putere mai mare, o cantitate de curent satisfăcătoare pentru gospodăria unei locuinţe.

CALCULUL ŞI CONSTRUCŢIA TRANSFORMATOARELOR

Pentru punerea în funcţiune a motoraşelor şi a celorlalte dispozitive descrise mai înainte, precum şi pentru construirea unui redresor de curent continuu, avem nevoie de un transformator.

Bateriile nu pot fi utilizate în experimente un timp prea îndelungat, deoarece se epuizează repede, în timp ce un transformator, alimentat de la reţea, poate furniza tensiuni mici cuprinse între 3—8 volţi, alternativ sau continuu, dacă i se adaugă un mic redresor.

Funcţionarea transformatoarelor se bazează pe fenomenul de inducţie electromagnetică.

Transformatorul se compune dintr-un miez de tole în forma de E+I, L sau toroidal şi dintr-o înfăşurare primară din sîrmă de cupru şi una sau mai multe înfăşurări secundare, ridicătoare sau coborîtoare de tensiune şi curent (fig. 5.11 a, b.).

În cazul cînd bobina primară este alimentată cu curent alternativ, miezul de fier se va magnetiza şi liniile de forţă variabile ca sens taie spirele celor două bobine şi produc în fie-

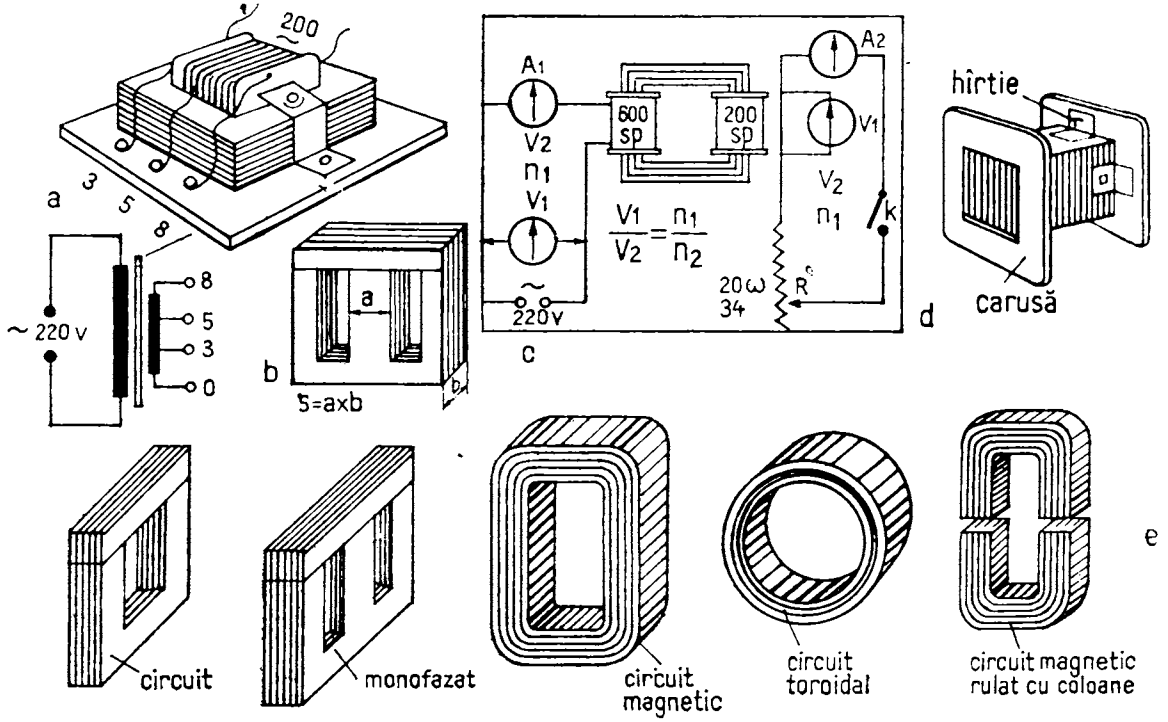


Fig. 5.11. Construcţia unui transformator de reţea de mică putere: a – aspect exterior; b – pachet de tole cu calculul secţiunii S al miezului; c – principiul electronic al transformatorului; d – carcasa transformatorului; e – diferite tipuri de miezuri pentru transformatoare cu circuit magnetic.

care spiră aceeaşi tensiune electromotoare de inducţie (fig. 5.11 c.).

Tensiunile induse în secundar vor fi proporţionale cu numărul de spire al înfăşurării.

Pentru calculul şi dimensionarea unui transformator, trebuie să cunoaştem următoarele date: puterea electrică în waţi pe care trebuie s-o debiteze transformatorul în înfăşurarea secundară şi tensiunea de alimentare a înfăşurării primare.

Să luăm un exemplu: construcţia unui transformator alimentat la reţeaua de curent alternativ de 220 V, care să livreze în primar tensiuni de 3, 5, 8 V la un curent de 5 A.

Puterea nominală a transformatorului va fi: $P=Us\cdot Is=8\cdot 5=40$. Întrucît intervin pierderi electrice în bobinaje şi miez se acordă o toleranţă de 20%.

Cunoscînd puterea, se află secţiunea miezului: $S=1{,}2\ P=1{,}2\cdot 7=8{,}4=9\ cm^2$.

Urmează să găsiţi un miez de transformator, care să aibă lăţimea tolei care intră în carcasă înmulţită cu grosimea pachetului (vezi fig. 5.11 b) adică $a\times b=9\ cm^2$ de exemplu $2\times 4{,}5=9\ cm^2$. Miezurile de transformatoare pot avea diverse forme ca în figura 5.11.

Mai rămîne să aflăm numărul de spire pe volt. Pentru aceasta utilizaţi raportul 50/secţiune=U spire, adică $50/9=5{,}5$ spire/V. Pentru 220 V, în primar veţi bobina în straturi suprapuse pe carcasă (fig. 5.11 d) $220\times 5{,}5=1\,210$ spire.

În secundar veţi calcula pentru 3, 5, 8 V respectiv $3\times 5{,}5=17$ spire; pentru 5 V în continuare diferenţa de la 3 ... 5 adică, încă 2 $V\times 5{,}5=11$ spire şi pentru 8 V în continuare de la 5—8 adică tot 3 V adică 17 spire. În total, bobinajul secundar va avea $17+11+17=45$ spire pentru 8 V sau calculînd total $8\times 5{,}5=44$ de spire cu prize la 3, 5, 8 V.

Diametrul conductorului izolat cu care veţi confecţiona bobina primară se află cu calculul $I=P:V=50:220=0{,}2$ A. Deci urmărind nomograma din tabelul 2, pe ultima coloană, I/diametrul conductorului aflăm că la un curent de 0,2 A îi corespunde un conductor de 0,3—0,4 mm grosime.

Diametrul conductorului din secundar, despre care ştim de la începutul problemei că trebuie să admită un curent de 5 A, aflăm că este de aproximativ 2 mm grosime. Nu mai rămîne decît să procuraţi conductor de cupru cu dimensiunile specificate şi să bobinaţi carcasa cu mîna, ceea ce este mai meticulos, sau montînd-o pe o bormaşină cu o mandrină de lemn.

Pentru calculul rapid al transformatorului puteţi utiliza o nomogramă cu care aflaţi imediat toate datele, dacă doriţi să construiţi un transformator pornind de la cerinţa montajului sau posedaţi eventual un miez de transformator de o anumită secţiune. De pildă, pentru $S=8\ cm^2$, cu tole de siliciu avînd inducţia B 10 000 weberi, puterea va fi 40 W, numărul de spire 8 sp/V iar diametrul conductorului se află pe ultima coloană.

Posedînd un asemenea transformator, îl puteţi combina cu o diodă redresoare semiconductoare şi obţineţi un redresor cu care puteţi alimenta orice aparat, motoraş sau dispozitiv descris în această carte, atît în curent alternativ cît şi în curent continuu, după caz (fig. 5.12).

În finalul cărţii aveţi o anexă după care vă puteţi ghida cînd aveţi de rezolvat vreo problemă privind legea lui Ohm în curent continuu, precum şi o nomogramă.

Tensiunea V, curentul I, rezistenţa R şi puterea P sînt redate în tabelul 1 în toate com-

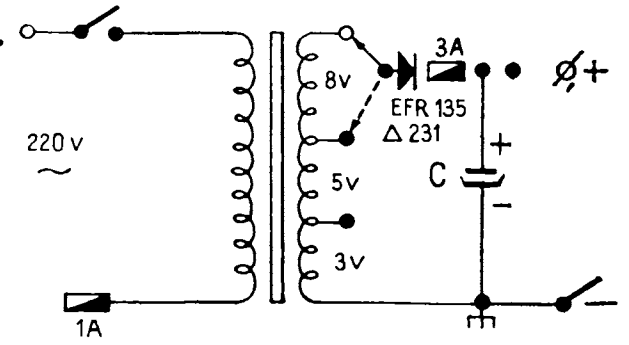


Fig. 5.12. Schema unui redresor simplu pentru alimentarea aparatelor şi construcţiilor de amator.

binaţiile posibile, astfel încît puteţi afla imediat formula care vă interesează în raport cu datele cunoscute.

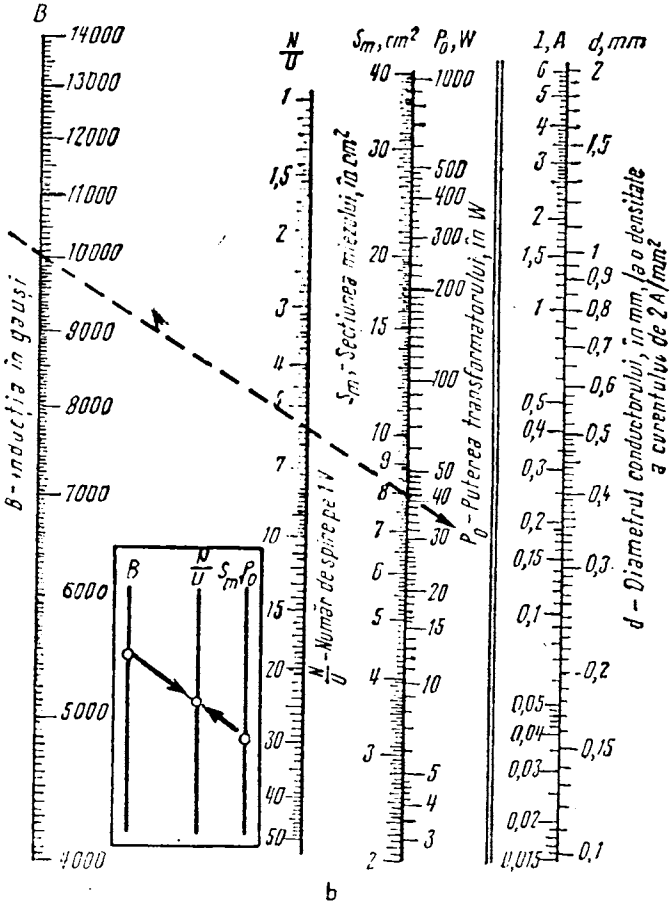
Tabelul 1

LEGEA LUI OHM
ŞI LEGEA PUTERII ÎN CURENT CONTINUU

U — volţi (V)		**I — amperi (A)**	
U	1 V = 1 000 mV = $=10^6$ μV 1 mV = 0,001 V	I	1 A = 1 000 mA = $=10^6$ 1 mA = 10^{-3} A = $=0{,}001$ A
$U=IR$	$V=A\cdot\Omega=$ $=mA\cdot k\Omega$; $mV=A\cdot k=mA$	$I=\frac{U}{R}$	$A=V/\Omega$; $mA=$ $=V/k\Omega=$ $=mV/\Omega$; $\mu A=$ $=V/M\Omega$
$U=\frac{P}{I}$	$V=\frac{W}{A}=\frac{mW}{mA}$; $mV=\frac{\mu W}{mA}$	$I=\frac{P}{U}$	$A=W/V$ $mA=MW/V=$ $=\mu W/mV$
$U=\sqrt{PR}$	$V=\sqrt{W\Omega}$; $mV=10^{-3}\sqrt{W\cdot\Omega}$	$I=\frac{P}{R}$	$A=\sqrt{W/\Omega}$ $mA=10^{-3}\sqrt{\frac{W}{\Omega}}$
R — ohmi (Ω)		**P — watt (W)**	
R	1 000 Ω = 1 kΩ 1 000 kΩ = 1 MΩ 10^6 Ω = 1 MΩ	P	1 000 W = 1 kW 1 W = 10^{-3} kW
$R=\frac{U}{I}$	$\Omega=V/A$; $k\Omega=V/mA$; $M\Omega=V/\mu A$	$P=UI$	$W=VA$; $mW=V\cdot mA$
$R=\frac{U^2}{P}$	$\Omega=V^2W$; $k\Omega=V^2/1\,000$ W; $M\Omega=V^2/10^6\cdot W$	$P=\frac{U^2}{R}$	$W=V^2/\Omega$ $\mu W=V^2/M\Omega=$ $=mV^2/10^3\,k\Omega$
$R=\frac{P}{I^2}$	$\Omega=W/A^2$; $k\Omega=1\,000\cdot$ $\cdot W/mA^2$; $M\Omega=W/mA^2$	$P=I^2R$	$W=A^2/\Omega$ $W=mA^2\cdot k\Omega/$ $1\,000=mA^2\cdot M\Omega$

Tabelul

NOMOGRAMĂ PENTRU CALCULUL TRANSFORMATOARELOR DE REŢEA DE MICĂ PUTERE



BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

folosită la elaborarea lucrării, pe care o recomandăm spre consultare cititorilor

1. ANTONIU, I., CHELU, I. — *Fizica*. Ed. Didactică și Pedagogică, 1979.
2. ATANASIU, V. — *Fizica recreativă*. Ed. Didactică și Pedagogică, 1970.
3. ATANASIU, V. — *Fizica distractivă*. Ed. Didactică și Pedagogică, 1964.
4. ATANASIU, M. — *Construcții și experiențe de fizică*. Ed. Tineretului, 1969.
5. BUCUR. I., STĂNESCU, I., MACAVESCU, M. — *Din istoria electricității*. Ed. Științifică, 1966.
6. BINA, O. ș.a. — *Lucrări practice de fizică*. Ed. Didactică și Pedagogică, 1963.
7. BĂLȚATU, V. — *Electro abecedar*. 1946.
8. GHEORGHIU, I. — *Istoricul mașinii electrice*. Ed. Tehnică, 1953.
9. JAKUBASCHK, H. — *Das kleine Electrobastelhuch*. Der Kinderbuchverlag, 1975.
10. KAMINSCKI, E. — *Instalațiile electrice ale locuințelor*. Ed. Tehnică, 1960.
11. MANOLESCU, D. — *Tot felul de motorașe*. Ed. Tineretului, 1964.
12. MACOVEANU, L. — *Construiți și reparați singuri*. Ed. Albatros, 1973.
13. MOROIANU, D., ȘTEFAN, I. — *Maeștrii ingeniozității românești*. Ed. Didactică și Pedagogică, 1976.
14. NEȘ, T., NEGULESCU, A. — *Confecționarea materialului didactic* vol. I—II. Ed. Didactică și Pedagogică, 1963.
15. NEMEȘ, I. — *Fizica*. Ed. Didactică și Pedagogică, 1969.
16. OPRESCU, G. — *Mici automatizări*. Ed. Tineretului, 1962.
17. RADA, GH. — *Să construim un motoraș electric*. Ed. Tineretului, 1953.
18. ROY, ANDRE. — *Jeux et loisirs de la jeunesse*. Larousse, 1956.
19. SILIȘTEANU, C., MANOLESCU, D. — *Construcții electrotehnice pentru amatori*. Ed. Tineretului, 1952.
20. ȘTEFAN, I., NICOLAU, E. — *Scurtă istorie a creației științifice și tehnice românești*. Ed. Albatros, 1981.
21. STĂNCIULESCU, GH. — *Experiențe de electricitate*. Ed. Albatros, 1972.
22. VODĂ, E., VODĂ, C. — *Construiți și experimentați*. Ed. Tineretului, 1968.

CUPRINS

Cuvînt înainte **5**

Capitolul 1. **Electricitatea este una 7**

Trăsnetul, magnetul şi pisoiul **8**
Epoca galvanismului **12**
Noua ştiinţă — Electricitatea **14**
Electricitatea în patria noastră **18**

Capitolul 2. **Curentul electric 19**

Generalităţi **19**
Sarcina şi cîmpul electric **20**
Generatoare electrostatice **23**
Construiţi un generator electrostatic **26**
Mii şi milioane de volţi! **28**

Capitolul 3. **Electrocinetica 32**

Efectele curentului electric **34**
Efectul chimic al curentului electric **36**
Generatoare electrochimice **39**
Regenerarea bateriilor uscate **45**
Acumulatoare **47**
Alte surse electrice **48**
Două construcţii simple **49**

Capitolul 4 **Electrodinamica 51**

Fenomene magnetice **51**
Electromagnetism **55**
Interacţiunea curent-magnet **56**
Interacţiunea curent-curent **57**
Inducţia electromagnetică **57**
Instrumente electrice de măsurat **59**
Relee electromagnetice **62**
Bobina de inducţie **65**

Capitolul 5. **Curentul alternativ 67**

Folosirea curentului alternativ **67**
Maşini electrice **70**
Generatoare de curent alternativ **70**
Generatoare de curent continuu **72**
Electromotoare **74**
Comutatorul Rumkorf **80**
Microcentrale electrice **83**
Calculul şi construcţia transformatoarelor **84**

Lector: MIHAI CAZIMIR
Tehnoredactor: CONSTANTIN GOSAV

Bun de tipar 21.02.1983.
Apărut 1983
Coli de tipar: 7,33

Întreprinderea Poligrafică „Crişana"
Oradea, cda 467/82.